جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للمناهج

دليل مدرس الكيمياء

للصف السادس العلمي

تأليف

أ.د.عمار هاني الدجيلي | د. أحلام علي حمود
خلود مهدي سالم الدليمي | خليل رحيم علي
ماجد حسين خلف

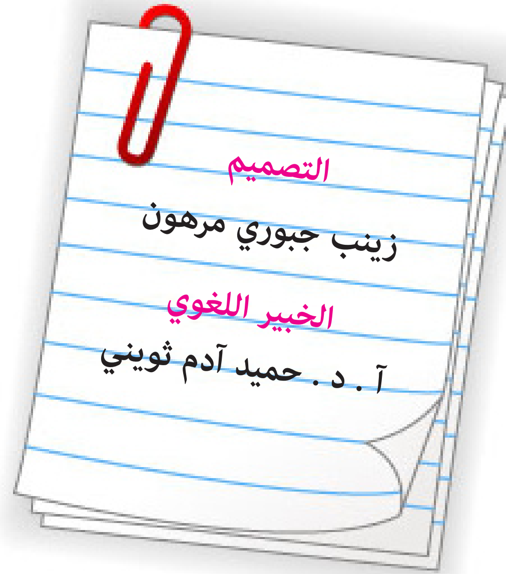
الطبعة الاولى
١٤٣٣ هـ / ٢٠١٢ م

المشرف العلمي على الطبع

خلود مهدي الدليمي

المشرف الفني على الطبع

زينب جبوري مرهون





www.iraqicurricula.org

الموقع الرسمي للمديرية العامة للمناهج

على شبكة الانترنت



بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

يسرنا ان نقدم لزملائنا المدرسين كتاب (دليل المدرس) المصاحب لكتاب الكيمياء للصف السادس العلمي الذي يمثلُ دعامةً من دعائم المنهج في الكيمياء الى جانب كتاب المنهج الجديد الذي نأمل أن يكون خير معين لهم في اداء عملهم لتحقيق اهداف تدريس الكيمياء ونحن إذ نقدم هذا الدليل إنما نقدم الافكار والمقترحات التي تساعد المدرسين على تخطيط واعداد الدروس الامر الذي يعمل على تحقيق وتطوير العملية التعليمية،وتوجيهات الامداد بالمواقف المناسبة التي تبين تأثير التقدم العلمي في المعرفة وتركز على ممارسة الطلبة للتصرف الواعي الفعال حيال اكتسابهم منهجية التفكير العلمي، ومن ثم يتاح لهم الانتقال من التعليم المعتمد على الحفظ والتلقين الى التعلم الممتزج بمتعة طرائق التدريس الحديثة، والمشوقة المعتمدة على الاسكتشافات في التوصل للمعلومات لاكتساب المزيد من الخبرات من خلال تنمية مهارات الملاحظة،والتحليل والاستنتاج والاقناع، وتقبل آراء الآخرين، وتطوير المهارات، والقدرات العلمية التّطبيقية عن طريق زيادة الاهتمام بالجانب العلمي والتطبيقي لتنمية قيم الاتجاهات الايجابية نحو مادة الكيمياء .

يشمل الدليل، التّعرف بشكل اوسع على مفردات الكتاب المنهجي المقرر وإغنائه بالتفسير العلمي الوافي والأسئلة المحلولة ، وذلك يجعل الطالب اكثر فهماً للموضوعات، فضلاً على الخطط الدراسية التي تحقق ربطاً للحقائق والمفاهيم التي يدرسها الطالب لواقع حياته اليومية، إذ شملت فصول الكتاب المنهجي ثمانية فصول،تضمن الاول الخطة السنوية المقترحة لاكمال مفردات منهج الكيمياء للصف السادس العلمي، والثاني حوى فصول الكتاب المنهجي بدأً بالتمهيد ثم الفصل الاول طرائق التحليل الكيميائي، و الثاني الكيمياء التناسقية، والثالث الثرموداينمك،

والرابع الاتزان الكيميائي،والخامس الاتزان الأيوني، والسادس الكيمياء الكهربائية، والسابع الكيمياء العضوية للهيدروكاربونات المعوضة، و الثامن الكيمياء الحياتية، وقد تمت معالجة تلك الفصول بأسلوب علمي بسيط دون إغفال المفاهيم الاساسية لبعض المصطلحات المستخدمة في الكيمياء المقررة ليتسنى للمدرسين والطلبة على حد سواء فهم المعاني الحقيقية لتلك المصطلحات.

كما تود اللجنة ان تقدم شكرها وتقديرها للخبير العلمي الدكتور فاضل سليم متي على مراجعته القيمة لمسودة الدليل .

آملين من كل من يهمه امر تطوير الدليل، رفد المديرية العامة للمناهج تحريرياً بكل مايسهم في التطّوير والتنقيح المستمر بما يواكب المسيرة العلمية التربوية والله من وراء القصد .

لجنة التأليف

المحتويات

المحتويات


الفصل الاول
الخطة السنوية المقترحة
لاكمال مفردات
منهج الكيمياء
للصف السادس العلمي
SODIUM
MENT
GAS
GAS

الخطة السنوية المقترحة لمفردات كتاب الكيمياء للصف السادس العلمي موزعة على اشهر السنة الدراسية

الشهر	عنوان الفصل	عدد الحصص	توزيع الحصص على مفردات الفصل	
			رقم الحصة	الموضوع
نهاية ايلول	التمهيد			
تشرين الاول	الفصل الاول التحليل الكيميائي	(14) حصة	الاولى	مقدمة + طرائق التحليل الوصفي
			الثانية	الكشف عن الايونات الموجبة
			الثالثة	التحليل الكمي وحل الامثلة والتمرينات
			الرابعة	التطاير
			الخامسة	طريقة الترسيب
			السادسة	حل الامثلة والتمرينات
			السابعة و الثامنة	التحليل الحجمي وحساب الكتل المكافئة
			التاسعة العاشرة والحادية عشرة	حساب التحليل الحجمي وحل الامثلة والتمرينات
			الثانية عشرة الثالثة عشرة الرابعة عشرة	حل أسئلة الكتاب
	الفصل الثاني الكيمياء التناسقية	(11)حصة	الاولى الثانية	مقدمة+ الملح المزدوج والمركب التناسقية، تطوير الكيمياء التناسقية (نظرية السلسلة)

تشرين الثاني	تكملة الكيمياء التناسقية	(9)حصص	الثالثة الرابعة الخامسة السادسة والسابعة الثامنة والتاسعة العاشرة والحادية عشرة	نظرية فرنر قاعدة العدد الذري الفعال تسمية المركبات التناسقية نظرية التآصر في المركبات التناسقية الاعداد التناسقية والاشكال الهندسية المتوقعة حل أسئلة الكتاب
	الفصل الثالث الثرموداينمك	(13) حصة	الاولى الثانية والثالثة الرابعة والخامسة والسادسة والسابعة	مقدمة، بعض المصطلحات حرارة التفاعل ، دالة الحالة ، قياس انثالبي التفاعل المعادلة الكيميائية وانواع الانثالبيات طرائق قياس انثالبي التفاعل، الانتروبي وحساب الانتروبي القياسية للتفاعلات الكيميائية
كانون الاول	تكملة الثرموداينمك		الثامنة والتاسعة والعاشرة الحادية عشرة والثانية عشرة والثالثة عشرة	طاقة كبس وتطبيقات معادلة كبس حساب انتروبي التغيرات الفيزيائية وحل أسئلة الكتاب

	الفصل الرابع الاتزان الكيميائي	(12) حصة	الاولى الثانية والثالثة الرابعة والخامسة والسادسة السابعة والثامنة التاسعة والعاشرة	التفاعلات الانعكاسية وغير الانعكاسية وحالة الاتزان ثابت الاتزان وحساب ثابت الاتزان العلاقة بين ثابتي الاتزان واهمية ثابت الاتزان حاصل التفاعل والعلاقة بين الطاقة الحرة قاعدة لوشاتليه
كانون الثاني	تكملة الاتزان الكيميائي		الحادية عشرة والثانية عشرة	حل أسئلة الفصل مراجعة لامتحانات نصف السنة
شباط	الفصل الخامس الاتزان الايوني	(16)حصة	الاولى الثانية والثالثة والرابعة الخامسة والسادسة	مقدمة ، الالكتروليتات وغير الالكتروليتات ، وانواع الالكتروليتات تفكك الالكتروليتات الضعيفة ثابت التأين للماء والاس الهيدروجيني

آذار	تكملة الاتزان الايوني		السابعة والثامنة التاسعة والعاشرة الحادية عشرة والثانية عشرة الثالثة عشرة والرابعة عشرة الخامسة عشرة والسادسة عشرة	التمذوب تأثير الايون المشترك المحاليل المنظمة (محاليل البفر) الذوبان وثابت حاصل الذوبان حل أسئلة الكتاب
آذار	الفصل السادس الكيمياء الكهربائية	(13)حصة	الاولى الثانية الثالثة الرابعة الخامسة والسادسة السابعة والثامنة	مقدمة، اعداد التأكسد تفاعلات التأكسد والاختزال العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة الخلايا الكهروكيميائية (الخلايا الكلفانية)، جهد الخلية الكلفانية، قطب الهيدروجين القياسي وحساب جهد الخلية العلاقة بين جهد الخلية وطاقة كبس وثابت الاتزان ومعادلة نيرنست

نيسان	تكملة الكيمياء الكهربائية		التاسعة العاشرة والحادية عشرة الثانية عشرة والثالثة عشرة	الخلايا الالكتروليتية قوانين فارداي والبطاريات حل الأسئلة
نيسان	الفصل السابع الكيمياء العضوية للهيدروكاربونات المعوضة	(13) حصة	الاولى الثانية والثالثة الرابعة والخامسة السادسة والسابعة الثامنة والتاسعة العاشرة والحادية عشرة	مراجعة لما سبق هاليدات الالكيل الكحولات والايثرات الالديهايدات والكيتونات الحوامض الكاربوكسيلية والاسترات الامينات
أيار من ولغاية	تكملة الكيمياء العضوية		الثانية عشرة والثالثة عشرة	حل الأسئلة
ايار	الفصل الثامن الكيمياء الحياتية	(4) حصص	الاولى الثانية الثالثة الرابعة	مقدمة، الكاربو هيدرات البروتينات الانزيمات حل الأسئلة

الفصل الثاني

التمهيد Preface



مفردات التمهيد

1- حساب الكتلة المولية

2- حساب عدد المولات

3- حساب المولارية

4- العلاقة بين عدد الجزيئات أو الذرات والمول

5- اللوغاريتمات

مقدمة شاملة

يتميز علم الكيمياء ببنيته التي تظهر في تركيب محتواه، والاساليب التي تستخدم في الوصول الى الجديد من المعرفه فيه، لذا كان لازماً علينا اتباع التنظيم المنطقي للمادة العلمية في محتوى المنهج الحالي، اخذين بالأعتبار معايير الاستمرارية، والتي تعني مراعاة مبدأ اتصال الخبرة السابقة لدى الطالب بالخبرة الحالية بحيث يتم عرض موضوعات فصول الكتاب بما يتفق وتدفق المفاهيم والمصطلحات الكيميائية في السنين السابقة اذ شكل اساس كتاب الكيمياء الحالي امتداداً لما تضمنته محتويات كتب الكيمياء في صفوف سابقة.

لذا حرصنا على احكام الربط بين موضوعات فصول كتابنا هذا بتنظيمها كحلقات متصلة تنمو من الخبرات السابقة لتقود الى الخبرات الحالية، مما دعت الحاجة لاعداد تمهيد مسبق للمعلومات السابقة للطالب و التحقق منها ، واختبارها ليستطيع مواصلة التوسع والتفصيل الحاصل على محتويات المادة العلمية الجديدة والمكملة لمعلوماتة السابقة والتي تم تبويبها باهم المفاهيم الاساسية والمعادلات الكيميائية التي تضمنها الكتاب، وذلك للتقليل من المشكلات التي قد تنجم عن التغيرات والتطورات في محتوياته من خلال القيام بمراجعة شاملة ومختصرة لما سبق دراسته مما يعطي للمدرس الفرصة للتأكد من قدرة الطالب على استيعاب المعلومات الجديدة مشيراً الى ما تناوله الطالب مسبقاً ، اذ من الصعب على الطالب استذكار المفاهيم والمصطلحات التي ترتبط ببعضها دون اجراء اعادة سريعة لما سبقتها من مفاهيم اقل منها تعقيداً .

المفاهيم الأساسية

الكتلة المولية (M) Molar mass

هي كتلة 1 مول من اي مركب كيميائي وتحسب من مجموع الكتل الذرية لذرات العناصر المكونة للمركب مضروبة في عددها في هذا المركب.

المولارية (M) Molarity

عدد مولات المادة المذابة في لتر واحد من المحلول

عدد افوكادرو (N_A) Avogadro's Numder

عدد الذرات او الايونات او الجزيئات التي يحتويها المول الواحد وقيمته تساوي $6.023 \times 10^{23}\ mol^{-1}$.

المعادلات الرئيسة

العلاقة بين عدد المولات (n) والكتلة المولية (M)

$$n\,(mol) = \frac{m\,(g)}{M\,(g/mol)}$$

التركيز المولاري (M)

$$M\,(mol/L) = \frac{n(mol)}{V(L)}$$

عدد الذرات او الجزيئات

$$No.\,(atoms\ or\ molecules) = n\,(mol) \times N_A\,(atoms\ or\ molecules\,/\,mol)$$

حلول تمرينات التمهيد

تمرين 1

إحسب الكتلة المولية للمركبات الآتية : $KMnO_4$ و $NaOH$ و $K_2Cr_2O_7$ و H_2SO_4 و $MgCl_2$. يمكن الحصول على الكتل الذرية للعناصر من الجدول الموجود في نهاية الكتاب .

الحــــل

$$M(KMnO_4) = 1\times 39 + 1\times 55 + 4\times 16 = 158\ \ g/mol$$

$$M(NaOH) = 1\times 23 + 1\times 16 + 1\times 1 = 40\ \ g/mol$$

$$M(K_2Cr_2O_7) = 2\times 39 + 2\times 52 + 7\times 16 = 294\ \ g/mol$$

$$M(H_2SO_4) = 2\times 1 + 1\times 32 + 4\times 16 = 98\ \ g/mol$$

$$M(MgCl_2) = 1\times 24 + 2\times 35.5 = 95\ \ g/mol$$

تمرين 2

إحسب عدد مولات كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 الموجودة في 14.21g من هذا المركب .

الحل

نجد اولاً الكتلة المولية للمركب Na_2SO_4

$$M(Na_2SO_4) = 2\times 23 + 1\times 32 + 4\times 16 = 142 \ g/mol$$

وباستخدام العلاقة الآتية نجد عدد المولات

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(g/mol)} = \frac{14.2(\cancel{g})}{142(\cancel{g}/mol)} = 0.1 \ mol$$

تمرين 3

أجرِ الحسابات الآتية :

أ- إحسب عدد مولات حامض الفسفوريك H_3PO_4 الموجودة في 721g من هذا المركب.

ب - إحسب عدد الغرامات الموجودة في 0.751mole من Na_3PO_4 .

الحل

أ) نجد اولاً الكتلة المولية للحامض H_3PO_4

$$M(H_3PO_4) = 3\times 1 + 1\times 31 + 4\times 16 = 98 \ g/mol$$

ثم نجد عدد المولات باستخدام العلاقة الآتية

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(g/mol)} = \frac{721(\cancel{g})}{98(\cancel{g}/mol)} = 7.357 mol$$

ب) يمكن من علاقة عدد المولات ان نجد عدد الغرامات اي الكتلة

$$m(g) = n(mol)\times M(g/mol)$$

نجد الكلتلة المولية للمركب Na_3PO_4

$$M(Na_3PO_4) = 3\times 23 + 1\times 31 + 4\times 16 = 164 \ g/mol$$

$$m(g) = 0.75(mol)\times 164(g/mol) = 123 \ g$$

تمرين 4

تم اذابة 151g من حامض الخليك CH_3COOH في $150/mL$ من الماء وضعت في دورق حجمي سعته نصف لتر واكمل الحجم لحد العلامة . إحسب مولارية هذا المحلول.

الحــــل

نجد اولاً عدد المولات CH_3COOH

$$M(CH_3COOH) = 1\times12 + 3\times1 + 1\times12 + 2\times16 + 1\times1 = 60 \ \ g/mol$$

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(g/mol)} = \frac{15(g)}{60(g/mol)} = 0.25 \ \ mol$$

وباستخدام علاقة المولارية

$$M = \frac{n(mol)}{V(L)} = \frac{0.25(mol)}{\frac{1}{2}(L)} = 0.5 \ \ mol/L = 0.5 \ M$$

لاحظ !!!

في احياناً كثيرة لابد من تحويــر بعض القوانين لتعطي حلاً سهلاً للمسألة الرياضية بدون جعل الطالب يحفظ القانون و بدون فهمه . ونأخذ مثلاً حساب كتلة المادة المذابة في محلول او حجم المحلول من معرفة مولاريته . فلو اخذنــــا علاقة المولارية وحورناها لحصلنا منها على هذه المعلومات :

$$M\,(mol\,/L) = \frac{\dfrac{m\,(g)}{M\,(g/mol)}}{\dfrac{V\,(mL)}{1000\,(mL/L)}} = \frac{m(g)\times1000\,(mL/L)}{M(g/mol)\times V\,(mL)}$$

وينبغي التركيــز في هذه العلاقات على الوحدات وطريقة اختصارها لانها هي الاساس في عملية فهم هذا النوع من العلاقات.

تمرين 5

اذيب 41g من هيدروكسيد الصوديوم NaOH في حجم معين من الماء وتم قياس مولارية المحلول وكانت تساوي 0.051mole/L . إحسب حجم الماء باللتر الذي اذيبت فيه العينة.

الحــــل

نستخدم العلاقة الآتية

$$M\,(mol\ /L) = \frac{m(g) \times 1000\,(mL/L)}{M(g/mol) \times V\,(mL)}$$

وبترتيبها نحصل على الحجم V (mL)

$$V\,(mL) = \frac{m(g) \times 1000\,(mL/L)}{M(g/mol) \times M\,(mol\ /L)}$$

نجد الكتلة المولية لهيدروكسيد الصوديوم

$$M(NaOH) = 1 \times 23 + 1 \times 16 + 1 \times 1 = 40\ \ g/mol$$

$$V(mL) = \frac{4(\cancel{g}) \times 1000(mL/\cancel{L})}{40(\cancel{g}/\cancel{mol}) \times 0.05(\cancel{mol}/\cancel{L})} = 2000\ \ mL$$

$$V\,(L) = V\,(mL) \times \frac{1(L)}{1000\,(mL)}$$

$$V\,(L) = 2000\,(\cancel{mL}) \times \frac{1(L)}{1000\,(\cancel{mL})} = 2\ L$$

تمرين 6

إحسب عدد الذرات والجزيئات الموجودة في 0.16 mole من غاز الاوكسجين O_2 .

الحل

لحساب عدد الجزيئات نستخدم العلاقة الآتية :

$$\text{No. molecules} = n\ (\text{mol}) \times N_A\ (\text{molecules/ mol})$$

$$= 0.16\ (\text{mol}) \times 6.023 \times 10^{23}\ (\text{molecules/ mol})$$

$$= 0.96 \times 10^{23}\ \text{molecules}$$

وبما ان كل جزيء اوكسجين يحتوي على 2 ذرة من الاوكسجين لذا فعدد الذرات يساوي :

$$\text{No. atoms} = \text{No. molecules} \times 2$$

$$\text{No. atoms} = 0.96 \times 10^{23} \times 2 = 1.92 \times 10^{22}\ \text{atoms}$$

تمرين 7

جد قيم

أ) log 26.7

ب) log 0.89

جـ) ln 93

د) ln 0.02 باستخدام الحاسبة اليدوية .

الحل

(أ) نكتب 26.7 ثم نضغط على log فيكون الناتج 1.427 .

(ب) نكتب العدد 0.89 ثم نضغط على log فيكون الناتج 0.051 − .

(جـ) نكتب العدد 93 ثم نضغط على ln فيكـــون الناتج 4.533 .

(د) نكتب العدد 0.02 ثم نضغط على ln فيكون الناتج 3.912− .

تمرين 8

جد قيم y في العلاقات الآتية باستخدام الحاسبة اليدوية، اي جد اللوغاريتم المقابل .

أ) $\log y = 2.6$

ب) $\log y = -1.2$

جـ) $\ln y = 0.7$

د) $\ln y = -3.9$

الحل

(أ) نكتب 2.6 ثم نضغط على 2nd F و نضغط على مفتاح log فيظهر 398.107 .

(ب) نكتب 1.2− و نضغط على 2ndF و نضغط على مفتاح log فيظهر 0.063 .

(جـ) نكتب 0.7 و نضغط على 2nd F و نضغط على مفتاح ln فيظهر 2.014 .

(د) نكتب 3.9− و نضغط على 2ndF و نضغط على مفتاح ln فيظهر 0.020 .

الفصل الاول

1

طرائق التحليل الكيميائي

Chemical Analysis



مفردات الفصل الاول

مقـدمة شاملة

يقصد بالتحليل الكيميائي التعرف على نوع العناصر المكونة للمادة وكمية كل عنصر، وكيف تترابط تلك العناصر وصولاً الى الصيغة الجزيئية للمادة او المجموعة المكونة التي توجد في المادة، ان دراسة الكيمياء التحليلية تتضمن التقسيم العام للتحليل الكيميائي ودراسة التحليل الكمي بنوعيه الوزني والحجمي. ولدراسة هذا الفصل على المدرس ان يوظف دروسه لابراز اهمية التحليل الكيميائي، الذي اصبح يستخدم في مجالات عديدة ليتسنى للطالب من خلاله استنتاج انواع التحليل الكيميائي وخصائص كل نوع وعلاقة كل منها بالآخر، على ان يتدرب الطلبة على الادوات المستخدمة فيه بوجه عام، كما يُقترح عند دراسة التحليل الكمي الوزني في اجراء عرض سريع، يتمثل في تكوين راسب وفصله ، ومن ثم توضيح بقية الخطوات بالشرح .

الاهداف التعليمية للفصل

في المجال المعرفي/ بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على ان:

1- يعرف المفاهيم الاتية:

الكتلة المكافئة، الكتلة المولية، تفاعلات الترسيب .

2- يعدد انواع التحليل الكيميائى للمادة.

3- يصنف التحليل الكمي.

4- يصنف التحليل الحجمي تبعاً لنوع التفاعل.

5- يبين ماهية المحلول القياسي.

6- يقسم التفاعلات الكيميائية المستعملة في عمليات التسحيح.

7- يوضح طرائق التطاير والترسيب.

في المجال المهاري/ بعد الانتهاء من داسة الفصل يكون الطالب قادراً على ان:

1- يرسم الادوات المستعملة في التحليل الحجمي.

2- يفصل بين الايونات الموجبة الاكثر شيوعاً.

3- يحضر محاليل معلومة التركيز.

4- يتقن حل المسائل الخاصة بتركيز المحاليل وتخفيفها.

6- يقوم بإجراء تجارب لترسيب واذابة مادة.

7- يحسب النسبة المئوية لماء التبلور في عينة ما بمثال رياضي.

8- يكتب معادلة كيميائية لحساب الكتلة المكافئة لنوع من التفاعلات.

9 - يطبق قانون المعامل الوزني بمثال رياضي.

في المجال الوجداني/ عند الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على ان :

1-يقدر عظمة الخالق(سبحانه وتعالى) لوجود اكثر من طريقة تحليلية يمكن ايجاد مكونات المركبات منها .

2- يؤمن بإن الحقائق العلمية قابلة للتطور من خلال تدرج مفهوم التحليل الوزني والحجمي.

3- الحذر والحرص عند استخدام المواد والاجهزة .

4- يتحرى الدقة عند التجريب المختبري، واجراء العمليات الحسابية في حل مسائل الكتل المكافئة والمعامل الوزني .

5- يقوم بإجراء عمليات الترسيب والتسحيح وغيرها.

خطة انموذجيّة مقترحة للدرس

الموضوع/ التحليل الوزني .

الاهداف السلوكية للدرس :

في المجال المعرفي/ بعد الانتهاء من الدرس يكون الطالب قادراًعلى ان :

1 - يستخدم قواعد الذوبانية للتنبؤ بالراسب .

2 - يعرف التحليل الكيميائي .

3 - يناقش طريقة التحليل الوزني .

4 - يصنف التحليل تبعاً لنوع التفاعل .

في المجال المهاري/ بعد الانتهاء من الدرس يكون الطالب قادراً على ان :

1 - يكتب المعادلات الايونية النهائية الموزونة .

2 - يجري عمليات الذوبان والترشيح .

في المجال الوجداني / بعد الانتهاء من الدرس يكون الطالب قادراً على ان:

1 - يقدر دور العلم في تسيير حياة الانسان .

2 - يقدر جهود العلماء في اكتشاف طرائق التحليل وانواع التفاعلات .

سير الدرس :

التمهيد/ يطرح المدرس سؤالاً على طلبته من حياتهم اليومية ويناقشهم عن ملاحظاتهم من خلال مثال لتفاعل ترسيب يحدث في مواسير المياه، والتي تنتج من تفاعل ايونات الكالسيوم مع الايونات الاخرى والتي توجد في الماء ثم يوجه لهم السؤال الاتي:

س / ما اسباب تكوين الراسب؟

ج / اتحاد بعض الايونات مع بعضها في المحلول لتكوين مادة صلبة لا تذوب في الماء ولتقييم واختبار المعلومات السابقة للطلبة حول تفاعلات الترسيب، يوجه المدرس الاسئلة الاتية :-

س / ما نوع التفاعل في تفاعل الترسيب ؟

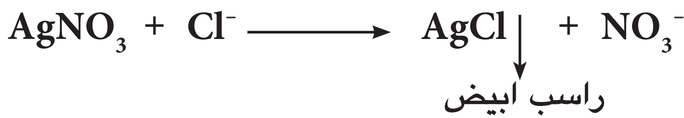
ج / التبادل المزدوج .

س / ما الدليل على حدوث تفاعل الترسيب ؟

ج / تكوين راسباً او غازاً او مركباً جزيئياً مثل الماء .

العرض /

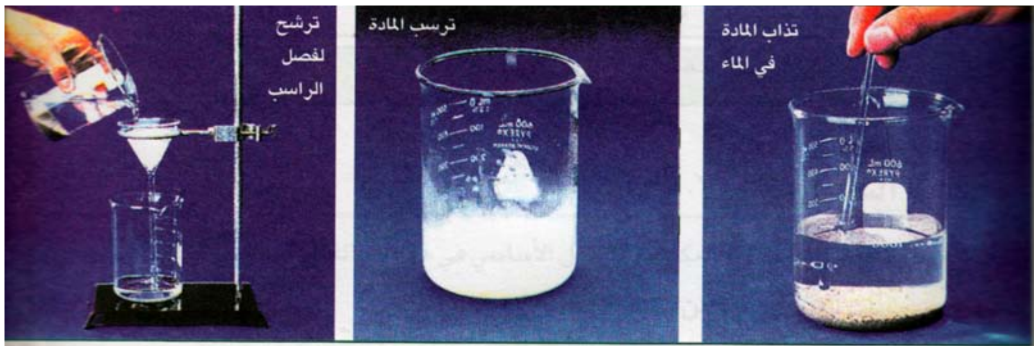
عزيزي المدرس / لشرح هذا الدرس عليك باجراء هذا العرض العملي لتقدير نسبة ايون الكلوريد في عينة، ليشاهد الطلبة تفاعل الترسيب، اذ يرسب هذا الايون باضافة كمية كافية من محلول نترات الفضة فيتكون راسباً شحيح الذوبان من كلوريد الفضة كما في المعادلة الاتية :-



$$AgNO_3 + Cl^- \longrightarrow AgCl\downarrow + NO_3^-$$

راسب ابيض

والخطوات الآتية تبين طريقة تقدير نسبة الكلوريد في عينة صلبة لاحظ الشكل (1) .



الشكل (1) تكوين راسب

1) تذاب كتلة معينة من المادة في الماء المقطر.

2) يضاف محلول نترات الفضة بكمية كافية لترسيب كل ايونات الكلوريد.

3) يفصل راسب كلوريد الفضة بالترشيح، وينقل الراسب الى اناء التجفيف المعلوم الكتلة.

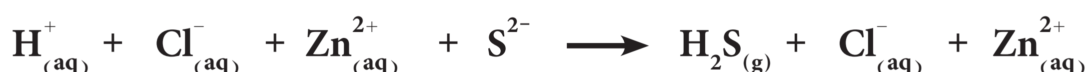
4) يجفف الراسب في فرن تجفيف ثم يبرد ويوزن، وتكرر تلك العملية حتى ثبات الكتلة.

5) تحسب النسبة المئوية للكلوريد في العينة بمعرفة وزن العينة ووزن الراسب وصيغته AgCl.

وبعد اتمام العرض العملي يقوم المدرس بمناقشة طلبته بما لاحظوه اثناء العرض ويوضح انه ليس كل المركبات الايونية تذوب في الماء، كما انه لايمكن لاحد التنبؤ بالتاكيد على تكوين الراسب الا بخلط المحاليل وتسجيل الملاحظات، ولكن قام العلماء بتصميم جداول تبين قواعد الذوبانية مما يساعد على امكانية التنبؤ بتكوين الراسب من عدمه . ثم يقوم المدرس باعطاء اسئلة تطبيقية على مادة الدرس واجراء مناقشة مع الطلبة للتوصل للحل الصحيح واعطاء بعض الملاحظات المهمة .

مناقشة /

يكتب المدرس على السبورة المعادلة الاتية :



$$H^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)} + Zn^{2+}_{(aq)} + S^{2-} \longrightarrow H_2S_{(g)} + Cl^{-}_{(aq)} + Zn^{2+}_{(aq)}$$

ثم يبين لطلبته ان المعادلة الايونية النهائية تميز بين الايونات التي تتفاعل اما ان تكون راسباً صلباً، اوتكون غازاً او ماء. اما الايونات التي لاتشترك في التفاعل فتبقى في المحلول المائي ، وينبغي الاشارة الى انه ليس معنى ذلك ان الايونات غير المشتركة لاتتاثر تماما بالتفاعل بالرغم من بقائها ذائبة في المحلول، لانها في نهاية التفاعل ترتبط بايونات موجبة وسالبة مختلفة عن ارتباطها في بداية التفاعل

عزيزي المدرس وضح لطلبتك هنا :

- الخارصين كان مرتبطاً بالكبريت في بداية التفاعل وارتبط بايون الكلوريد في نهاية التفاعل.
- ايون الكلوريد كان مرتبطاً بايون الهيدروجين في بداية التفاعل وارتبط بايون الخارصين في نهاية التفاعل .

التقييم /

لتقييم فهم الطلبة للمعادلات الايونية الكاملة والنهائية وتكوين الرواسب يقوم المدرس بكتابة بعض معادلات الترسيب على السبورة مع كتابة معادلة واحدة على الاقل تدل على عدم حدوث تفاعل، ثم يطلب من الطلبة كتابة المعادلات الايونية الكاملة والنهائية، ثم يراجع استخدام قواعد الذوبان لتخمين ناتج تفاعلات التبادل المزدوج مع ملاحظة اهمية معرفة الحالة الفيزيائية للمواد الداخلة في التفاعل (المتفاعلات) والمواد الناتجة من التفاعل (النواتج) في تفاعلات الترسيب .

يقوم المدرس بحث طلبته على التفكير في بعض امثلة تفاعلات الترسيب من خلال خلط الاحجام التقريبية للمحاليل الاتية :

$5\ mL, 0.1\ M\ BaCl_2 + 5\ mL, 0.1\ M\ Na_2SO_4$ (ظهور راسب ابيض)

$5\ mL\ 0.1M, K_2CrO_4 + 5\ mL, 0.1\ M\ Ba(NO_3)_2$ (راسب اصفر كثيف)

ويشير المدرس الى اهمية معرفة الحالة الفيزيائية للمواد الداخلة في التفاعلات (المتفاعلات) والمواد الناتجة من التفاعل (النواتج) في تفاعلات الترسيب .

ويشير لاهمية استخدام قواعد الذوبانية لتخمين ناتج تفاعلات التبادل المزدوج وذلك عند كتابة المعادلات وموازنتها الكاملة (التامة) والمعادلات الايونية النهائية .

المفاهيم الاساسية

طرائق التحليل الوصفي (النوعي)

هي مجموعة من طرائق تحليل كيميائي تهدف الى معرفة هوية مكون واحد او اكثر من مكونات مادة او مزيج من المواد والاسلوب الذي ترتبط به تلك المكونات بعضها بالبعض الاخر.

طرائق التحليل الكمي

هي مجموعة من طرائق تحليل كيميائي تهدف الى ايجاد كمية مكون معين في كمية معينة من الانموذج .

طرائق التحليل الوزني

هي مجموعة من طرائق التحليل الكيميائي الكمي تعتمد على عزل وقياس كتلة مادة معلومة التركيب الكيميائي تحوي المكون المراد تقديره بشكل نقي وكمي عن كتلة معلومة من العينة المراد تقديرها .

طرائق التطاير

هي مجموعة من طرائق التحليل الوزني التي تعتمد على ازاحة المكون المتطاير الموجود في العينة ومن ثم ايجاد كتلته بطريقة مباشرة او بطريقة غير مباشرة .

طرائق الترسيب

هي مجموعة من طرائق التحليل الوزني المعتمدة على تحويل المكون المراد تقديره في العينة الى مركب نقي ومستقر كيميائياً ذي صيغة كيميائية معلومة قابلة للوزن عن طريق تفاعلات الترسيب

المعامل الوزني Gravimetric Factor

هو النسبة بين الكتلة المولية للمكون المراد تقديره الى الكتلة المولية للصيغة الوزنية (الراسب) على شرط ان تحوي كلتا الصفتين على العدد نفسه من ذرات العنصر (او جزيئات المكون) المراد تقديره .

التسحيح Titration

هي عملية اضافة تدريجية للمحلول القياسي من السحاحة الى المحلول المجهول في الدورق المخروطي (او بالعكس) وتستمر تلك الاضافة لحين الوصول الى نقطة نهاية التفاعل، ويكون الغاية منها هي ايجاد تركيز المحلول المجهول بدلالة تركيز المحلول القياسي عن طريق قياس الحجوم المستهلكة في العملية بدقة.

نقطة التكافؤ Equivalent Point

هي نقطة نظرية (افتراضية) من المفروض عندها ان تتكافئ كمية المادة لقياسية المضافة من السحاحة مع كمية المادة المجهولة الموجودة في الدورق المخروطي (او بالعكس).

نقطة نهاية التفاعل End Point

هي نقطة ينتهي (يكتمل) عندها التفاعل المستعمل في عملية التسحيح بين المادة القياسية والمادة المجهولة، ويُحدد موقعها عملياً (تجريبياً) بالاعتماد على استخدام إحدى الدلائل المناسبة.

خطا التسحيح

هو مقياس لمدى الاختلاف بين مواقع نقطة التكافؤ (النظرية) ونقطة نهاية التفاعل المقاسة عملياً في عملية التسحيح .

الدليل Indicator

هي مادة كيميائية تُضاف عادة الى محلول التسحيح ولاتشترك عادة في التفاعل بل يتغير لونها او احدى صفاتها الفيزيائية بشكل واضح عند نقة نهاية التفاعل.

تفاعل التعادل Nutralization Reaction

هو تفاعل بين حامض وقاعدة يكون ناتجه ملح وغالباً مايتضمن التفاعل ايضاً اتحاد ايونات الهيدروجين وايونات الهيدروكسيد لتكوين جزيئات الماء.

تفاعل الترسيب

هو تفاعل ينتج مادة صلبة غير ذائبة (راسب)

تفاعل تاكسد واختزال Redox Reaction

هو تفاعل يحدث فيه اكسدة واختزال للمواد المتفاعلة.

الملح Salt

هو مركب مكون من ايون موجب (عدا H^+) وايون سالب (عدا OH^- او O^{2-})

الكتلة المكافئة Equivalent Mass

هي كمية المادة (كتلة المادة) التي تكافئ تماماً كمية ثابتة من مادة اخرى مثل 1.008 g من الهيدروجين او 17.008 g من جذر الهيدروكسيد او 8.000 g من الاوكسجين، في تفاعل معين، والكتلة المكافئة للمادة هي كمية غير ثابتة قد تتغير مع نوع التفاعل الذي تشترك.

ولابد هنا ان نشير الى ضرورة الابتعاد عن الحفظ والتلقين وخصوصاً بالنسبة الى مجاميع الايونات الموجبة ، حيث يتم التركيز على حفظ العوامل المرسبة للمجاميع فقط دون الدخول الى التفاصيل والتركيز على فصل ايونات المجموعة الاولى (I) فقط (انظر الجدول 1 - 1 صفحة 21 في الكتاب المقرر).

المعادلات الرئيسة

المعامل الوزني

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_{\text{المكون المراد تقديره}}(g/mol)}{M_{\text{الصيغة الوزنية}}(g/mol)}$$

التركيز المولاري

$$M(mol/L) = \frac{n(mol)}{V(L)}$$

التركيز العياري

$$N(eq/L) = \frac{Eq(eq)}{V(L)}$$

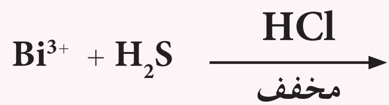
حلول تمرينات واسئلة الفصل الاول

تمرين 1 - 1

اكمل المعادلات الاتية :



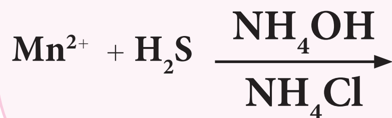
$Hg_2^{2+} + HCl \xrightarrow{\text{مخفف}}$



$Bi^{3+} + H_2S \xrightarrow[\text{مخفف}]{HCl}$

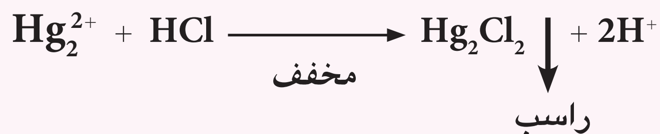


$Al^{3+} + NH_4OH \xrightarrow{NH_4Cl}$



$Mn^{2+} + H_2S \xrightarrow[NH_4Cl]{NH_4OH}$

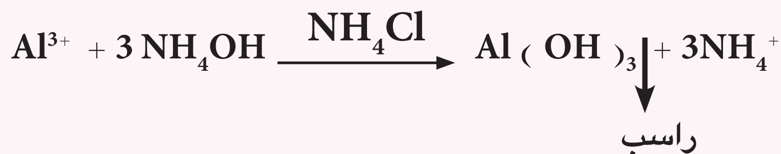
الحل



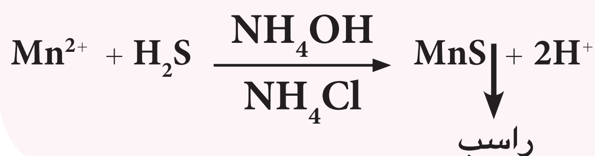
$Hg_2^{2+} + HCl \xrightarrow[\text{مخفف}]{} Hg_2Cl_2\downarrow + 2H^+$ (راسب)



$2Bi^{3+} + 3H_2S \xrightarrow[\text{مخفف}]{HCl} Bi_2S_3\downarrow + 6H^+$ (راسب)



$Al^{3+} + 3\,NH_4OH \xrightarrow{NH_4Cl} Al(OH)_3\downarrow + 3NH_4^+$ (راسب)



$Mn^{2+} + H_2S \xrightarrow[NH_4Cl]{NH_4OH} MnS\downarrow + 2H^+$ (راسب)

السؤال 1-1

كيف يمكن الفصل بين الايونات الموجبة الاكثر شيوعا ؟

الحــــل

يمكن فصل الايونات بالاضافة النظامية للعوامل المرسبة (حسب التسلسل من المجموعة الاولى حتى الرابعة ويفضل ان يذكرها المدرس لانها تمثل الاجابة النموذجّية في الامتحان) تم فصل ايونات كل مجموعة على شكل رواسب تفصل عن محلول بقية الايونات بالترشيح .

السؤال 1-2

عدد الايونات الموجبة المصنفة ضمن المجموعة الثانية مع ذكر العامل المرسب لها، ثم بين كيف يمكن فصل ايون النحاس عن ايون الحديديك عند وجودهما في نفس المحلول .

الحــــل

تتضمن المجموعة الثانية الايونات الاتية:

ايون الزئبق Hg^{2+} وايون النحاس Cu^{2+} وايون البزموث Bi^{3+} ايون الكادميوم Cd^{2+} وايون الرصاص Pb^{2+} وايون القصدير Sn^{2+} وايون الزرنيخ As^{3+} وايون الانتيمون Sb^{3+}.

والعامل المرسب لجميع تلك الايونات هو غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S الذي يمرر على المحلول المحمض بحامض الهيدروكلوريك المخفف لتلك الايونات حيث تترسب جميعها في هيئة كبريتيدات تلك العناصر.

اما فصل ايون النحاس Cu^{2+} عن ايون الحديد الثلاثي، فيتم بامرار غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S على المحلول المحمض لهذين الايونين بحامض الهيدروكلوريك HCl ، حيث يترسب النحاس على هيئة CuS بينما لا يترسب ايون Fe^{3+} (لانه من ايونات المجموعة الثالثة A)، وبعد ذلك يفصل راسب كبريتيد النحاس على المحلول بعملية الترشيح كما في المعادلة .



$$Cu^{2+} + H_2S \xrightarrow[\text{مخفف}]{HCl} CuS\downarrow + 2H^+$$

راسب

السؤال 1-3

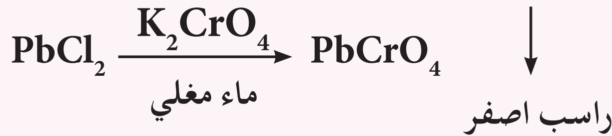
اكمل التفاعلات الاتية مع ذكر صفات النواتج في كل مما ياتي :

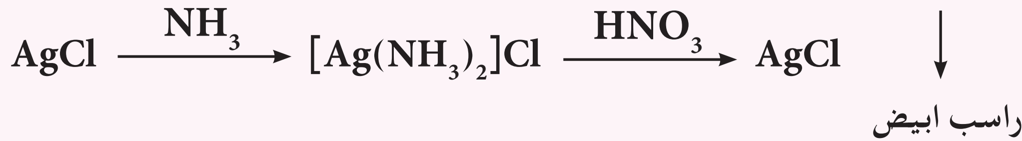


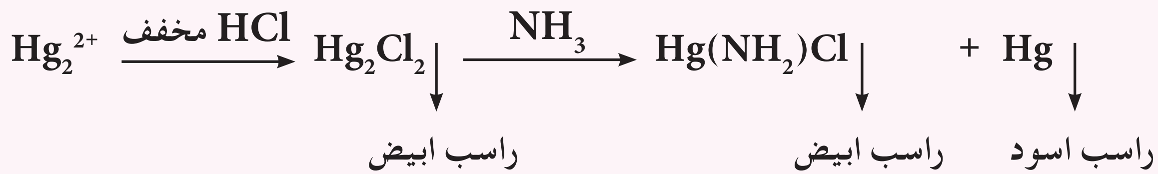


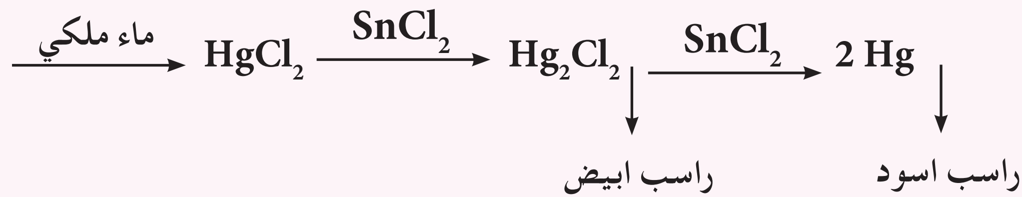


الحل







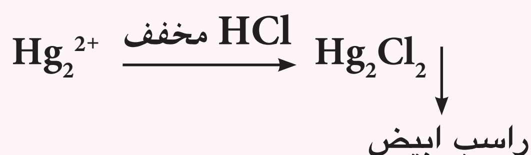


السؤال 1-4

كيف يمكن الفصل بين ايوني Hg^{2+} و Hg_2^{2+} .

الحل

وذلك باضافة محلول حامض الهيدروكلوريك المخفف حيث يتفاعل مع ايون الزئبق (I) مكوناً راسباً ابيض من كلوريد الزئبق (I) كما مبين في المعادلة الاتية :



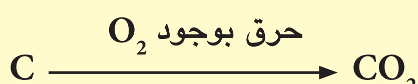
ولايتفاعل ايون الزئبق (II) مع الحامض ولذلك يبقى ذائباً في المحلول . ويفصل لراسب الناتج عن المحلول بطريقة الترشيح وبذلك تتحقق عملية الفصل المطلوبة .

تمرين 1 - 2

تم تحليل سبيكة النيكروم (سبيكة مكونة من عنصرين اساسين هما النيكل والكروم اضافة الى كمية قليلة جداً من الكاربون) وزنياً بطريقة التطاير وذلك بحرق 1.4 g منها بوجود الاوكسجين. وقد وجد ان كتلة غاز ثنائي اوكسيد الكاربون المتحرر الذي تم جمعه بعد انتهاء عملية الحرق كانت تساوي 2.2 mg. احسب النسبة المئوية لعنصر الكاربون في السبيكة.

الحـــل

النسبة المئوية للكاربون في السبيكة = $\frac{\text{كتلة الكاربون}}{\text{كتلة السبيكة}}$ × 100%



من المعادلة يظهر ان حرق مول واحد من الكاربون ينتج مول واحداً من CO_2 لذلك

$$m_C = m_{CO_2}(mg) \times \frac{M_C(g/mol)}{M_{CO_2}(g/mol)}$$

$$m_C = 2.2mg \times \frac{12g/mol}{44g/mol} = 0.6mg$$

$$\%C = \frac{0.6mg \times \frac{1g}{1000mg}}{1.4g} \times 100 = 0.043\%$$

السؤال 1-7

عند حرق mg 5.7 من مركب عضوي نتج mg 14.4 من غاز ثنائي اوكسيد الكاربون و mg 2.5 من بخار الماء . احسب النسبة المئوية للكاربون و الهيدروجين في المركب .

الحــل

تحسب كتلة الكاربون من كتلة غاز ثنائي اوكسيد الكاربون المتحرر في هذا المركب :

$$m_C = m_{CO_2} \times \frac{M_C \ (g/mol)}{M_{CO_2} (g/mol)}$$

$$m_C = 14.4 (mg) \times \frac{12 \ (g/mol)}{44 \ (g/mol)} = 3.94 \text{ mg}$$

$$\% C = \frac{m_C}{m_{CO_2}} \times 100 \%$$

$$= \frac{3.94 \ (mg)}{5.7 \ (mg)} \times 100 \% = 68.9\%$$

كما يمكن حساب كتلة الهيدروجين في المركب من كتلة بخار الماء المتحرر للهيدروجين في الماء :

$$m_H \ (mg) = m_{H_2O} \times \frac{M_{H_2} \ (g/mol)}{M_{H_2O} (g/mol)}$$

$$m_H \ (mg) = 2.5 \ (mg) \times \frac{2 \ (g/mol)}{18 \ (g/mol)}$$

$$m_H \ (mg) = 0.28 \ \text{mg}$$

$$\% H = \frac{m_H}{m_{H_2O}} \times 100 \%$$

$$= \frac{0.28 \ (mg)}{5.7 \ (mg)} \times 100 \% = 4.9\%$$

تمرين 1 - 3

اكمل الجدول الاتي :

المكون المراد تقديره	الصيغة الوزنية	المعامل الوزني G_f
I	AgI	
Ni	$Ni(C_4H_7N_2O_2)_2$	
Fe_3O_4	Fe_2O_3	
MgI_2	AgI	
$NH_4Al(SO_4)_2$	Al_2O_3	

الحـــــل

المكون المراد تقديره	الصيغة الوزنية	المعامل الوزني G_f
I	AgI	0.460
Ni	$Ni(C_4H_7N_2O_2)_2$	0.203
Fe_3O_4	Fe_2O_3	0.967
MgI_2	AgI	0.696
$NH_4Al(SO_4)_2$	Al_2O_3	4.647

تمرين 1 - 4

احسب المعامل الوزني للحديد (M = 56 g/mole) في Fe_2O_3 (M =160 g/mole).

الحـــــل

يعدّ الحديد Fe هو المكون المراد تقديره و يعدّ Fe_2O_3 هو الصيغة الوزنية.

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_{Fe}\,(g/mol)}{M_{Fe_2O_3}\,(g/mol)}$$

وبما ان كلتا الصيغتين في البسط والمقام لاتحويان العدد نفسه من ذرات الحديد، لذلك تكون قيمة a تساوي 2 وقيمة b تساوي 1 وهي اصغر القيم اللازمة لجعل عدد ذرات الحديد متساوية في البسط و المقام، ويحسب المعامل الوزني للحديد في Fe_2O_3 كالاتي:

$$G_f = \frac{2}{1} \times \frac{M_{Fe}\,(g/mol)}{M_{Fe_2O_3}\,(g/mol)}$$

$$G_f = \frac{2}{1} \times \frac{56\,(g/mol)}{160\,(g/mol)} = 0.7$$

السؤال 1-5

احسب المعامل الوزني في كل مما ياتي:

المادة المراد تقديرها	الصيغة الوزنية
$MgCl_2$	$AgCl$
Cr	Ag_2CrO_4
Pb_3O_4	PbO_2
K_2SO_4	$(C_6H_5)_4BK$

الحل

المعامل الوزني لكلوريد المغنيسيوم في كلوريد الفضة

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_{MgCl_2}\,(g/mol)}{M_{AgCl}\,(g/mol)} = \frac{1}{2} \times \frac{95.3\ g/mol}{143.5 g/mol} = 0.332$$

المعامل الوزني الكروم في كرومات الفضة

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_{Cr}\,(g/mol)}{M_{Ag_2CrO_4}\,(g/mol)} = \frac{1}{1} \times \frac{52\ g/mol}{332 g/mol} = 0.157$$

المعامل الوزني لـ Pb_3O_4 في PbO_2

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_{Pb_3O_4}\,(g/mol)}{M_{PbO_2}\,(g/mol)} = \frac{1}{3} \times \frac{685\ g/mol}{239\ g/mol} = 0.955$$

المعامل الوزني لكبريتات البوتاسيوم في $(C_6H_5)BK$

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_{K_2SO_4}\,(g/mol)}{M_{(C_6H_5)_4BK}\,(g/mol)} = \frac{1}{2} \times \frac{174\ g/mol}{357.8\ g/mol} = 0.243$$

السؤال 1-12

اختر الجواب الصحيح في كل من 1 الى 10 :

الحــــل

1- (جـ)
2- (جـ)
3- (ب)
4- (ا)
5- (ب)
6- (ب)
7- (جـ)
8- (ا)
9- (ب)
10- (ب)

السؤال 1-13

احسب المعامل الوزني لـ $Na_5P_3O_{10}$ $(M = 368\ g/mole)$ في $Mg_2P_2O_7$ $(M = 222\ g/mole)$

الحل

يمكن حساب المعامل الوزني لـ $Na_5P_3O_{10}$ في $Mg_2P_2O_7$ وذلك حسب العلاقة الاتية:

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_{Na_5P_3O_{10}}}{M_{Mg2P2O7}}$$

ولكون الصيغتين لا تحويان العدد نفسه من ذرات الفسفور لذلك تكون قيمة $a=2$ وقيمة $b=3$ ولذلك

$$G_f = \frac{2}{3} \times \frac{368(g/mol)}{222(g/mol)} = 1.105$$

تمرين 1 - 5

تمت معاملة $120\ mg$ من مركب عضوي مع حامض النتريك، ثم اضيف الى محلول الانموذج الناتج كمية من نترات الفضة لترسيب محتوى المركب من الكلور كميا على هيئة كلوريد الفضة. احسب النسبة المئوية للكلور Cl $(M = 35.5\ g/mole)$ في المركب اذا علمت ان كتلة كلوريد الفضة المترسبة بلغت $153\ mg$.

الحل

$$m_{cl}(mg) = m_{AgCl}(mg) \times Gf$$

$$Gf = \frac{a}{b} \times \frac{M_{Cl}(glmol)}{M_{AgCl}(glmol)} = \frac{1}{1} \times \frac{35.5glmol}{143.5glmol} = 0.247$$

$$\%Cl = \frac{Gf \times m_{AgCl}(mg)}{m} \times 100 = \frac{0.247 \times 153mg}{120mg} \times 100 = 31.5\%$$

السؤال 1-6

كم هو عدد غرامات يودات البوتاسيوم KIO_3 اللازمة لترسيب 1.67 g من يودات الرصاص $Pb(IO_3)_2$؟

الحــــل

يمكن الاعتماد على استعمال مفهوم المعامل الوزني G_f لحساب عدد غرامات KIO_3 اللازمة لترسيب $Pb(IO_3)_3$ وكما ياتي :

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_{KIO_3}\ (g/mol)}{M_{Pb(IO_3)_2}(g/mol)}$$

$$G_f = \frac{2}{1} \times \frac{214(g/mol)}{557\ (g/mol)} = 0.768$$

$$m_{KIO_3}\ (g) = m_{Pb(IO_3)_2}\ (g) \times G_f$$

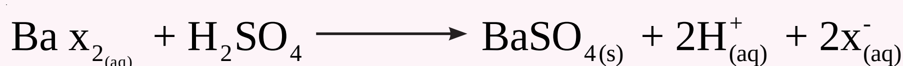
$$m_{KIO_3}\ (g) = 1.67\ (g) \times 0.768 = 1.283\ g$$

السؤال 1-16

تم تحليل احد هاليدات الباريوم $Bax_2.2H_2O$ (حيث ان x تعني هالوجين) بطريقة وزنية وذلك باذابة 0.266 g من هذا الملح في 200 mL من الماء واضافة كمية زائدة من حامض الكبريتيك H_2SO_4 لاتمام ترسيب الباريوم Ba (M= 137 g/mole) على هيئة كبريتات الباريوم $BaSO_4$ (M= 233 g/mole) فاذا علمت ان كتلة الراسب الناتجة كانت تساوي 0.254 g ، مانوع الهالوجين الذي تمثله x في ملح الباريوم؟

الحــــل

تكتب معادلة تفاعل الترسيب الموزونة



$$Ba\,x_{2(aq)} + H_2SO_4 \longrightarrow BaSO_{4(s)} + 2H^+_{(aq)} + 2x^-_{(aq)}$$

يحسب عدد مولات كبريتات الباريوم المترسبة من العلاقة الاتية

$$n\,(mol) = \frac{m\,(g)}{M\,(g/mol)} = \frac{0.254\,(g)}{233\,(g/mol)} = 1.09 \times 10^{-3}\ mol$$

تظهر المعادلة الموزونة لتفاعل الترسيب ان كل مول من ملح $Bax_2.2H_2O$ ينتج مولاً واحد من راسب كبريتات الباريوم لذلك :

$$n\,(Ba\,x_2.2H_2O) = n\,(BaSO_4) = 1.09 \times 10^{-3}\ mol$$

يتم حساب الكتلة المولية لملح $Bax_2.2H_2O$ من العلاقة الاتية :

$$M(Ba\,x_2.2H_2O)\,(g/mol) = \frac{m(Ba\,x_2.2H_2O)\,(g)}{n\,(Ba\,x_2.2H_2O)(mol)}$$

$$M(Ba\,x_2.2H_2O) = \frac{0.266\ g}{1.09 \times 10^{-3}\ mol} = 244\ g/mol$$

وهذا يمثل الكتلة المولية لهاليد الباريوم المائي ثم يتفاد من تلك النتيجة لحساب الكتلة المولية للهالوجين الموجود في الملح لمعرفة نوعيته كما ياتي :

$$M(Ba\,x_2.2H_2O)\,(g/mol) = \left[M(Ba) + (2 \times M(x) + (2 \times M(H_2O)\right]$$

$$244 = \left[137.4 + (2 \times M(x)) + (2 \times 18)\right] \Rightarrow M(x) = 35.5\ g/mol$$

وبالرجوع للجدول الدوري نجد ان الهالوجين هو الكلور .

السؤال 1-17

عند اذابة 0.5 g من ملح غير نقي ليوديد الصوديوم NaI $(M = 150\ g/mole)$ في الماء واضافة زيادة من محلول نترات الفضة $AgNO_3$ لترسيب ايون اليوديد بشكل تام، تم الحصول على 0.744 g من يوديد الفضة AgI $(M = 235\ g/mole)$. احسب النسبة المئوية ليوديد الصوديوم في الملح غير النقي.

الحل

النسبة المئوية لـ AgI في الملح غير النقي = $\frac{\text{كتلة يوديد الصوديوم}}{\text{كتلة ملح يوديد الصوديوم غير النقي}}$ × 100 %

لذلك ينبغي اولاً حساب كتلة يوديد الصوديوم في الملح غير النقي وذلك من كتلة الراسب الناتج (AgI) وبالاعتماد على المعامل الوزني (G_f) ليوديد الصوديوم في يوديد الفضة وكالاتي:

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_{NaI}\ (g/mol)}{M_{AgI}\ (g/mol)} = \frac{1}{1} \times \frac{150\ g/mol}{235g/mol}$$

$$G_f = 0.638$$

$$m_{NaI}(g) = G_f \times m_{AgI}(g)$$

$$= 0.638 \times 0.744\ g = 0.475\ g$$

$$\%\ NaI = \frac{m_{NaI}}{m_{\text{الملح غير النقي}}} \times 100\ \%$$

$$= \frac{0.475}{0.5} \times 100 = 95\%$$

تمرين 1 - 6

تم ترسيب محتوى الالمنيوم، الموجود في عينة كتلتها 0.764 g، بعد إذابتها ، على هيئة $Al_2O_3.xH_2O$ باستعمال زيادة من محلول الامونيا المائي NH_4OH. وبعد فصل الراسب المتكون وغسله، ثم تجفيفه ليتحول إلى Al_2O_3 .

1. عين صيغة الترسيب والصيغة الوزنية في عملية التحليل تلك.
2. هل يمكن استعمال صيغة الترسيب كصيغة وزنية؟
3. احسب النسبة المئوية لـ Al_2O_3 $(M= 102\ g/mole)$ في العينة إذا علمت ان الكتلة النهائية للصيغة الوزنية التي تم الحصول عليها كان مساوياً لـ 0.127 g.
4. احسب النسبة المئوية للالمنيوم $(M= 27\ g/mole)$ في العينة.

الحل

1. صيغة الترسيب هي $(Al_2O_3.xH_2O)$، اما الصيغة الوزنية فهي (Al_2O_3).

2. لا يمكن الاعتماد على صيغة الترسيب $(Al_2O_3 \cdot xH_2O)$ كصيغة وزنية لإيجاد كمية المكون المراد تقديره $(Al_2O_3$ او $Al)$ في تلك الحالة وذلك لانها صيغة مجهولة التركيب الكيميائي الدقيق حيث ان عدد جزيئات ماء التبلور فيها غير معلومة على وجه الدقة وبالآتي لايمكن تحويل كتلتها إلى كتلة (Al_2O_3) او كتلة (Al) المطلوبتين.

3. لحساب النسبة المئوية لـ (Al_2O_3) في العينة تطبق العلاقة الاتية:

$$\% \, Al_2O_3 = \frac{m_{Al_2O_3}\,(g)}{m_{\text{العينة}}\,(g)} \times 100\,\%$$

$$\% \, Al_2O_3 = \frac{0.127\,\cancel{(g)}}{0.764\,\cancel{(g)}} \times 100\,\% = 16.62\%$$

4. لحساب النسبة المئوية للالمنيوم في العينة.

يحسب المعامل الوزني للالمنيوم في اوكسيد الالمنيوم اولا.

$$G_f = \frac{a}{b} \times \frac{M_{Al}\,(g/mol)}{M_{Al_2O_3}\,(g/mol)}$$

$$= \frac{2}{1} \times \frac{27\,(\cancel{g/mol})}{102\,(\cancel{g/mol})} = 0.5294$$

ثم تطبق العلاقة الاتية لحساب النسبة المئوية للالمنيوم في العينة.

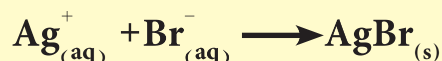
$$\% \, Al = \frac{G_f \times m_{Al_2O_3}\,(g)}{m_{\text{العينة}}\,(g)} \times 100\%$$

$$\% \, Al = \frac{0.5294 \times 0.127\,\cancel{(g)}}{0.764\,\cancel{(g)}} \times 100\% = 8.81\%$$

تمرين 1 - 7

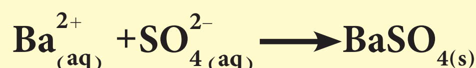
احسب قيم M و η والكتل المكافئه EM للمواد المبينة في ادناه.

ا- $AgNO_3$ بتفاعل الترسيب الاتي:



$$Ag^{+}_{(aq)} + Br^{-}_{(aq)} \longrightarrow AgBr_{(s)}$$

ب- $BaCl_2$ بتفاعل الترسيب الاتي:



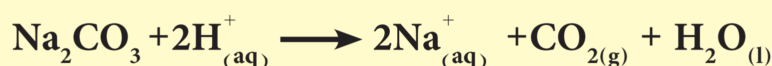
$$Ba^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4\,(aq)} \longrightarrow BaSO_{4(s)}$$

جـ- $Fe_2(SO_4)_3$ بتفاعل الترسيب الاتي:



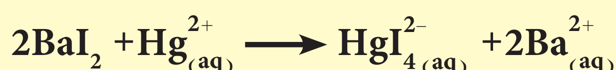
$$Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + 3Pb^{2+}_{(aq)} \longrightarrow 3PbSO_{4(s)} + 2Fe^{3+}_{(aq)}$$

د- Na_2CO_3 بتفاعل تعادل (حامض + قاعدة) الاتي:



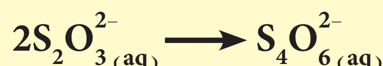
$$Na_2CO_3 + 2H^{+}_{(aq)} \longrightarrow 2Na^{+}_{(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

هـ- BaI_2 بتفاعل تكوين معقد الاتي:



$$2BaI_2 + Hg^{2+}_{(aq)} \longrightarrow HgI^{2-}_{4\,(aq)} + 2Ba^{2+}_{(aq)}$$

و- $Na_2S_2O_3$ بتفاعل تاكسد واختزال الاتي:



$$2S_2O^{2-}_{3\,(aq)} \longrightarrow S_4O^{2-}_{6\,(aq)}$$

الحــــل

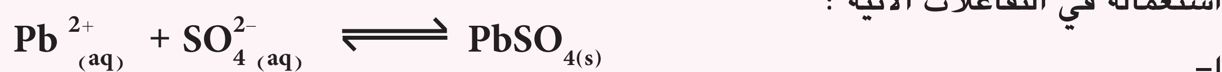
المادة	نوع التفاعل	M (g/mol)	η (eq/mol)	EM (g/eq)
$AgNO_3$	ترسيب $Ag^{+}_{(aq)} + Br^{-}_{(aq)} \longrightarrow AgBr_{(s)}$	170	1	170
$BaCl_2$	ترسيب $Ba^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4\,(aq)} \longrightarrow BaSO_{4(s)}$	208	2	104
$Fe_2(SO_4)_3$	ترسيب $Pb^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-} \longrightarrow PbSO_{4(s)}$	400	6	66.66

53	2	106	$Na_2CO_3 + 2H^+_{(aq)} \longrightarrow 2Na^+_{(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$ حامضي قاعدي	Na_2CO_3
195.5	2	391	$2BaI_2 + Hg^{2+}_{(aq)} \longrightarrow HgI^{2-}_{4\,(aq)} + 2Ba^{2+}_{(aq)}$ تكون معقد	BaI_2
158	1	158	$2S_2O^{2-}_{3\,(aq)} \longrightarrow S_4O^{2-}_{6\,(aq)}$ اكسدة واختزال	$Na_2S_2O_3$

السؤال 1-18

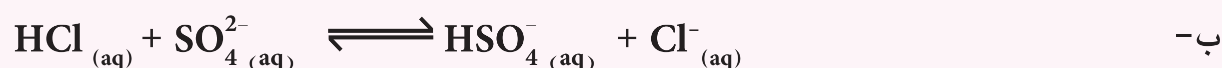
توفر لديك محلول لايون الكبريتات SO_4^{-2} تركيزه 0.1 M . كم ستكون عيارية هذا المحلول عند استعماله في التفاعلات الاتية :

ا-



$$Pb^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4\,(aq)} \rightleftharpoons PbSO_{4(s)}$$

ب-



$$HCl_{(aq)} + SO^{2-}_{4\,(aq)} \rightleftharpoons HSO^{-}_{4\,(aq)} + Cl^{-}_{(aq)}$$

جـ-

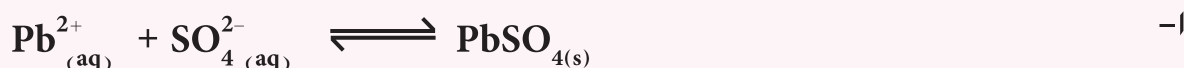


$$SO^{2-}_{(aq)} + 4\,H_3O^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2SO_{3\,(aq)} + 5H_2O_{(l)}$$

الحـــل

لحساب عيارية محلول من معرفة مولارية المحلول ينبغي اولاً تحديد نوع التفاعل الذي يستعمل فيه وذلك لتحديد قيمة η (الجزء الفعال الذي يشترك في التفاعل)، وكما ياتي:

ا-



$$Pb^{2+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4\,(aq)} \rightleftharpoons PbSO_{4(s)}$$

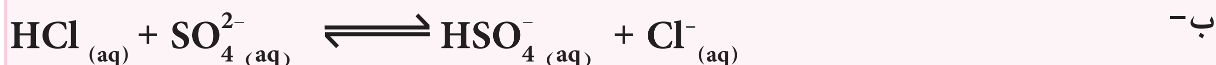
نوع التفاعل الذي تشترك فيه ايونات الكبريتات هو ترسيب لذلك تحسب قيمة η من العلاقة الاتية:

η = عدد الايونات الموجبة × تكافؤها= $2\times1=$ 2 eq/mol ولحساب عيارية المحلول يتم تطبيق العلاقة الاتية:

$$N = \eta\,M$$

$$= 2\ eq/\cancel{mol} \times 0.1\ \cancel{mol}/L = 0.2\ eq/L$$

ب-



$$HCl_{(aq)} + SO_{4\,(aq)}^{2-} \rightleftharpoons HSO_{4\,(aq)}^{-} + Cl_{(aq)}^{-}$$

نوع التفاعل هو حامض - قاعدة ، حيث تسلك ايونات $SO_{4\,(aq)}^{2-}$ سلوك قاعدة وتكتسب بروتون واحد لذلك تكون قيمة η =1eq/mol ثم نحسب عيارية المحلول كالاتي :

$$N = \eta\, M$$

$$= 1\ eq/\cancel{mol} \times 0.1\ \cancel{mol}/L = 0.1\ eq/L$$

ج-



$$SO_{4\,(aq)}^{2-} + 4\,H_3O^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2SO_{3\,(aq)} + 5H_2O_{(l)}$$

نوع التفاعل هو تاكسد واختزال ويتضمن اشتراك الكتروني لذلك تكون قيمة η = 2 eq/mol بحسب عيارية المحلول كالاتي:

$$N = \eta\, M$$

$$= 2\ eq/\cancel{mol} \times 0.1\ \cancel{mol}/L = 0.2\ eq/L$$

السؤال 1-19

احســـب الكتلة المكافئة وعيارية محلول تركيزه 6.0 M من حامض الفسفوريك H_3PO_4 عند اشتراك تلك المادة في التفاعلات الاتية: ، (M= 98 g/mole)

ا-



$$H_3PO_{4(aq)} + 3OH_{(aq)}^{-} \rightleftharpoons PO_{4\,(aq)}^{3-} + 3H_2O_{(l)}$$

ب-



$$H_3PO_{4(aq)} + 2NH_{3(aq)} \rightleftharpoons HPO_{4\,(aq)}^{2-} + 2NH_{4(aq)}^{+}$$

جـ-



$$H_3PO_{4(aq)} + F_{(aq)}^{-} \rightleftharpoons H_2PO_{4\,(aq)}^{-} + HF_{(aq)}$$

الحـــل

تمثل التفاعلات الثلاثة التي يشترك فيها حامض الفوسفوريك تفاعل حامض- قاعدة، ولذلك تعتمد قيمة η على عدد البروتونات التي يفقدها الحامض في كل تفاعل وهي للتفاعلات (ا) و(ب) و(ج) 3و 2و 1 على التوالي. لذلك يمكن حساب الكتلة المكافئة لهذا الحامض لتلك التفاعلات كالاتي:

ا-

$$EM(eq/mol) = \frac{M(g/mol)}{\eta(eq/mol)} = \frac{98(g/\cancel{mol})}{3(eq/\cancel{mol})} = 32.7\ g/eq$$

ويمكن لذلك حساب عيارية المحلول كالاتي:

$$N = \eta\, M$$

$$= 3\ eq/mol \times 6\ mol/L = 18\ eq/L$$

ب-

$$EM(eq/mol) = \frac{M(g/mol)}{\eta(eq/mol)} = \frac{98(g/\cancel{mol})}{2\ (eq/\cancel{mol})} = 49\ g/eq$$

ويمكن لذلك حساب عيارية المحلول كالاتي:

$$N = \eta\, M$$

$$= 2\ eq/\cancel{mol} \times 6\ \cancel{mol}/L = 12\ eq/L$$

ج-

$$EM(eq/mol) = \frac{M(g/mol)}{\eta(eq/mol)} = \frac{98(g/\cancel{mol})}{1(eq/\cancel{mol})} = 98\ g/eq$$

ويمكن لذلك حساب عيارية المحلول كالاتي:

$$N = \eta\, M$$

$$= 1\ eq/\cancel{mol} \times 6\ \cancel{mol}/L = 6\ eq/L$$

تمرين 1 – 8

ما الكتلة اللازمة من ثنائي كرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ ($M = 294\ g/mole$) لتحضير محلول بحجم 2 L وتركيز 0.12 N من هذا الكاشف ليستعمل كعامل مؤكسد بحسب التفاعل الآتي؟



$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6Fe^{2+} \rightleftharpoons 2Cr^{3+} + 7H_2O + 6Fe^{3+}$$

الحل

يلاحظ في صيغة السؤال انه قد تم تحديد نوع التفاعل الذي تستخدم فيه $K_2Cr_2O_7$، وهذا ضروري عند التعامل مع التراكيز العيارية N. لحساب كتلة $K_2Cr_2O_7$ اللازمة لتحضير المحلول يمكن الافادة من العلاقة التي تربط بين كتلة المذاب وحجم وتركيز المحلول كما في الاتي:

$$N = \frac{\dfrac{m\ (g)}{EM\ (g/eq)}}{V\ (L)}$$

ولتطبيق تلك العلاقة ينبغي اولا حساب الكتلة المكافئة لثنائي كرومات البوتاسيوم.

η = عدد الالكترونات المكتسبة $= 6\ eq/mol$

$$EM_{K_2Cr_2O_7} = \frac{M_{K_2Cr_2O_7}}{\eta}$$

$$= \frac{294\ (g/\cancel{mol})}{6\ (eq/\cancel{mol})} = 49\ g/eq$$

وباعادة ترتيب الحدود في معادلة العيارية اعلاه ينتج:

$$m\ (g) = N\ (eq/L) \times V\ (L) \times EM\ (g/eq)$$

الكتلة اللازمة لتحضير المحلول

$$m = 0.12\ (\cancel{eq}/\cancel{L}) \times 2\ (\cancel{L}) \times 49\ (g/\cancel{eq}) = 11.76\ g$$

تمرين 1 - 9

ما الكتلة اللازمة من هيدروكسيد الصوديوم NaOH لتحضير 500 mL من محلول تركيزه 0.2 M ؟

الحل

باستخدام علاقة المولارية وترتيبها للحصول على الكتلة

$$M\,(mol/L) = \frac{n\,(mol)}{V\,(L)} = \frac{\dfrac{m\,(g)}{M\,(g/mol)}}{\dfrac{V\,(mL)}{1000\,(mL/L)}}$$

$$m\,(g) = \frac{M\,(mol/L) \times V\,(mL) \times M\,(g/mol)}{1000\,(mL/L)}$$

$$m\,(g) = \frac{0.2\,(\cancel{mol}/\cancel{L}) \times 500\,(\cancel{mL}) \times 40\,(g/\cancel{mol})}{1000\,(\cancel{mL}/\cancel{L})} = 4\,g$$

السؤال 1-8

ما مولارية محلول حامض الهيدروكلوريك ؟ إذا علمت ان 36.7 mL من محلول هذا الحامض تكافئ 43.2 mL من محلول 0.236 M هيدروكسيد الصوديوم؟

الحل

عند تكافؤ كمية الحامض مع كمية القاعدة فان

عدد ملي مولات NaOH = عدد ملي مولات HCl

$$M_{HCl} \times V_{HCl} = M_{NaOH} \times V_{NaOH}$$

$$M_{HCl}(mol/L) = \frac{M_{NaOH}(mol/L) \times V_{NaOH}(mL)}{V_{HCl}(mL)}$$

$$= \frac{0.236\ mol/L \times 43.2\ \cancel{mL}}{36.7\ \cancel{mL}}$$

$$M_{HCl} = 0.278\ mol/L$$

تمرين 1 - 10

احسب كتلة المذاب الموجود في كل من المحاليل الاتية:

1. 350emL من 0.125eM نترات الفضة.
2. 250emL من 0.1N محلول البوراكـــــــــس Na2B4O7.10H2O

(M = 381 g/mole)

ويستعمل حسب التفاعل الاتي: $B_4O_7^{2-} + 2H_3O^+ + 3H_2O \longrightarrow 4H_3BO_3$

الحـــــل

1 -

$$m\,(g) = \frac{M\,(mol/L) \times V\,(mL) \times M\,(g/mol)}{1000\,(mL/L)}$$

$$m\,(g) = \frac{0.125\,(mol/L) \times 350\,(mL) \times 170\,(g/mol)}{1000\,(mL/L)} = 7.44\,g$$

2- لحساب الكتلة البوراكس المذابة في المحلول 2 ينبغي اولاً حساب كتلته المكافئ

$$EM_{Na_2B_7O_7.100H_2O}\,(g/eq) = \frac{M_{Na_2B_4O_7.10H_2O}\,(g/mol)}{\eta\,(eq/mol)}$$

$$= \frac{381.2g/mol}{2\,eq/mol} = 190.6\,g/eq$$

تضيق العلاقة التي ترتبط بين كتلة المذاب وحجم المحلول وتركيزه العياري:

$$m\,(g) = \frac{N(eq/L) \times V\,(mL) \times EM\,(g/eq)}{1000\,(mL/L)}$$

$$m\,(g) = \frac{0.1\,(eq/L) \times 250\,(mL) \times 190.5\,(g/eq)}{1000\,(mL/L)} = 4.77\,g$$

السؤال 1-9

ما مولارية و عيارية محلول هيدروكسيد الباريوم المحضر بإذابة 9.5 g من تلك المادة في 2 L من المحلول والمستعمل في تفاعل حامض- قاعدة ؟

الحل

لحساب مولارية محلول هيدروكسيد الباريوم $Ba(OH)_2$ تستعمل العلاقة الاتية:

$$M\,(mol/L) = \frac{n(mol)}{V(L)} = \frac{\dfrac{m\,(g)}{M\,(g/mol)}}{V(L)}$$

$$M\,(mol/L) = \frac{\dfrac{9.5\,(\cancel{g})}{17\,(\cancel{g}/mol)}}{2\,(L)} = 0.027\ mol/L$$

ويمكن حساب عيارية محلول $Ba\,(OH)_2$ باستعمال العلاقة الآتية وبعد حساب الكتلة المكافئة لتلك المادة والتي تسلك قاعدة في هذا التفاعل:

$$N(eq/L) = \frac{m\,(g)}{V\,(L) \times EM\,(g/eq)}$$

حيث ان $\eta = 2$ في هذا التفاعل فالكتلة المكافئة للقاعدة :

$$EM_{Ba(OH)_2} = \frac{M_{Ba(OH)_2}}{\eta} = \frac{171\,(g/\cancel{mol})}{2\,(eq/\cancel{mol})} = 85.5\ g/eq$$

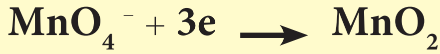
$$N(eq/L) = \frac{9.5\,(\cancel{g})}{2\,(L) \times 85.5\,(\cancel{g}/eq)} = 0.055\ eq/L$$

تمرين 1 - 11

تســتعمل برمنكنات البوتاسيوم $KMnO_4$ في تفاعلات التاكسد والاختزال، فاذا تفاعلت تلك المادة في محيط متعادل كعامل مؤكسد لتنتج MnO_2، ما قيمة η لبرمنكنات البوتاسيوم وكم هي عيارية محلول تلك المادة الذي تركيزه المولاري يساوي 0.05 M.

الحـــل

في هذا النوع من التفاعلات نحسب قيمة η من عدد الالكترونات التي يكتسبها جزيء واحد من برمنكنات البوتاسيوم كونها تسلك سلوك عامل مؤكسد



$$MnO_4^- + 3e \longrightarrow MnO_2$$

لذلك فان قيمة $\eta = 3$

ويمكن استعمال علاقة بسيطة تربط بين تركيز المحلول المولاري وتركيزه العياري كالاتي:

بما ان

$$M\,(mol/L) = \frac{\dfrac{m\,(g)}{M\,(g/mol)}}{V\,(L)}$$

وان

$$N\,(eq/L) = \frac{\dfrac{m\,(g)}{EM\,(g/eq)}}{V\,(L)}$$

ينتج بالقسمة ماياتي :

$$\frac{M\,(mol/L) = \dfrac{\dfrac{m\,(g)}{M\,(g/mol)}}{V\,(L)}}{N\,(eq/L) = \dfrac{\dfrac{m\,(g)}{EM\,(g/eq)}}{V\,(L)}} = \frac{EM\,(g/eq)}{M\,(g/mol)}$$

$$= \frac{\dfrac{M(g/mol)}{\eta(eq/mol)}}{M(g/mol)} = \frac{1}{\eta\ (eq/mol)}$$

$$\therefore\ N(eq/L) = M(mol/L) \times \eta(eq/mol)$$

ويمكن استعمال تلك العلاقة لحساب عبارية المحلول من معرفة مولاريته

$$N(eq/L) = 0.05\ mol/L \times 3\ eq/mol = 0.15\ eq/L$$

السؤال 1-10

ما تركيز محلول كلوريد الصوديوم الناتج من:

ا. مزج 10 mL من محلول 0.15 M كلوريد الصوديوم مع 10 mL من الماء المقطر؟

ب. مزج 10 mL من محلول 0.15 M كلوريد الصوديوم مع 10 mL من محلول 0.3 M كلوريد الصوديوم؟

الحـــــل

أ. لايجاد تركيز محلول كلوريد الصوديوم احسب كمية (عدد ملي مولات الملح الذائبة في يالمحلول ثم تقسم على الحجم الكلي للمحلول :

عدد ملي مولات NaCl = M (mmol/L) × V (mL)

عدد ملي مولات NaCl = 0.15 (mmol/L) × 10 (mL) = 1.5 mmol ثم يتم ايجاد مولارية المحلول بعد التخفيف

$$M\,(mol/L) = \frac{1.5\ mmol}{10\ mL + 10\ mL} = 0.075\ mmol/mL = 0.075\ mol/L$$

ب . وكذلك يمكن حساب تركيز محلول NaCl الناتج من خلط محلولين لهذا الملح بتراكيز مختلفة بالاعتماد على المبدا نفسه اي حساب كمية ملح NaCl الكلية المذابة ومن ثم تقسم على الحجم الكلي للمحلول .

عدد ملي مولات الكلية NaCl = عدد الملي مولات في المحلول الاول NaCl + عدد الملي مولات في المحلول الثاني NaCl

عدد ملي مولات الكلية NaCl = M (mmol/L) × V (mL) + M (mmol/L) × V (mL)

عدد ملي مولات الكلية NaCl = 0.3 (mmol/L) × 10 (mL) + 0.15 (mmol/L) ×10 (mL)

= 4.5 mmol/L

$$M\,(mol/L) = \frac{4.5\ mmol}{10\ mL + 10\ mL} = 0.225\ mmol/mL = 0.225\ mol/L$$

تمرين 1 - 12

تم تقدير محتوى النيكل في عينة بعملية تسحيح تعتمد على التفاعل الاتي:



فاذا علمت ان 160 mg من العينة قد استهلكت في تسحيح 38.3 mL من محلول KCN القياســـي بتركيز 0.137 N للوصول الى نقطة نهاية التفاعل. احسب النسبة المئوية لاوكسيد النيكل (M=165 g/mole) Ni_2O_3 فـــــــي العينة.

الحـــــل

$$\%\ Ni_2O_3 = \frac{m_{Ni2O3}(mg)}{m(mg)} \times 100\%$$

يمكن اعتماد حساب كتلة Ni_2O_3 في العينة بناءً على النتيجة التي يتم الحصول عليها من عملية التسحيح حيث ان عند نقطة نهاية التفاعل تكون كمية كاشف KCN المضاف من السحاحة مكافئة لكمية النيكل (11) المتفاعل معه لذلك:

$$m_{Ni_2O_3}(g)$$

$$\frac{mNi_2O_3(g)}{EM_{Ni_2O_3}(eq/mol)} = N_{KCN}(eq/L) \times V(L)$$

وبما ان التفاعل هو من نوع تكوين معقد لذلك فان قيمة η تحسب من عدد المزدوجات الالكترونية المكتسبة وتساوي 8 (اربعة لكل آيون نيكل) .

$$EM_{Ni_2O_3}(eq/mol) = \frac{165.4\ g/mol}{8eq/mol} = 207g/eq$$

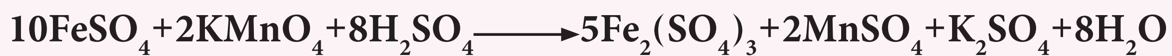
$$m_{Ni_2O_3}(g) = 0.137eq/L \times 38.3mL \frac{1L}{1000mL} \times 20.7g/eq$$

$$m_{Ni_2O_3} = 0.108g = 108mg$$

$$\%\ Ni_2O_3 = \frac{108mg}{160mg} \times 100 = 67.5\%$$

السؤال 1-11

ما حجم محلول برمنكنات البوتاسيوم الذي تركيزه 0.2 M اللازم لتسحيح (تفاعل تاكسد واختزال) 40 mL من محلول 0.1 M كبريتات الحديد (II) في محيط حامضي؟ معادلة تفاعل التسحيح هي:



$$10FeSO_4 + 2KMnO_4 + 8H_2SO_4 \longrightarrow 5Fe_2(SO_4)_3 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O$$

الحـــــل

عدد ملي مولات كبريتات الحديد (II) = عدد الملي مولات لبرمنغنات البوتاسيوم × 5

$$5 \times [M_{KMnO_4}(mmol/L) \times V_{KMnO_4}(mL)] = M_{FeSO_4}(mmol/L) \times V_{FeSO_4}(mL)$$

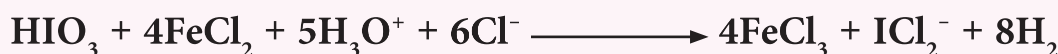
$$5 \times [0.2\ (mmol/L) \times V_{KMnO_4}(mL)] = 0.1\ (mmol/L) \times 40(mL)$$

$$V_{KMnO_4}(mL) = \frac{0.1\ (mmol/L) \times 40(mL)}{5 \times [0.2\ (mmol/L)]} = 4\ mL$$

السؤال 1-14

تمت معايرة 50 mL من محلول حامض HIO_3 ($M = 176\ g/mole$) بالتسحيح مع محلول هيدروكسيد الصوديوم القياسي بتركيز 0.145 N، فاذا علمت ان حجم محلول القاعدة المضاف من السحاحة اللازم للوصول الى نقطة نهاية التفاعل بلغ 45.8 mL احسب: ا. التركيز العياري لحامض HIO_3.

ب. ما عيارية محلول الحامض نفسه عند استعماله في تقدير الحديد حسب التفاعل الاتي.



$$HIO_3 + 4FeCl_2 + 5H_3O^+ + 6Cl^- \longrightarrow 4FeCl_3 + ICl_2^- + 8H_2$$

الحـــــل

ا - يمكن حساب التركيز العياري لمحلول حامض HIO_3 بتطبيق العلاقة الاتية:

$$N_{HIO_3} \times V_{HIO_3} = N_{NaOH} \times V_{NaOH}$$

$$N_{HIO_3} = \frac{N_{NaOH} \times V_{NaOH}}{V_{HIO_3}}$$

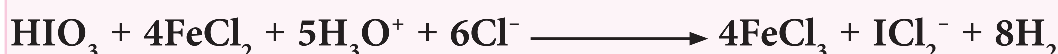
$$= \frac{0.145\ meq/mL \times 45.8\ mL}{50\ mL} = 0.13\ meq/mL = 0.13\ eq/L$$

ب- قيمة $\eta = 1$

$$EM_{HIO_3} = \frac{M_{(HIO_3)}(g/mol)}{\eta(eq/mol)} = 176\ g/eq$$

$$m_{HIO_3}(g) = 0.13\ (eq/L) \times \frac{50}{1000}\ (L) \times 176\ (g/eq) = 1.16\ g$$

ثم نحسب عيارية محلول الحامض نفسه عند استعماله في التفاعل



$$HIO_3 + 4FeCl_2 + 5H_3O^+ + 6Cl^- \longrightarrow 4FeCl_3 + ICl_2^- + 8H_2$$

وفي هذا التفاعل تكون قيمة $\eta = 4\ (eq/mol)$ ولذلك تكون قيمة الكتلة المكافئة له تساوي :

$$EM_{HIO3} = \frac{M_{HIO3}}{\eta} = \frac{176\ (g/mol)}{4\ (eq/mol)} = 44\ g/eq$$

$$N\,(eq/L) = \frac{m\,(g)}{EM\,(g/eq) \times V\,(L)}$$

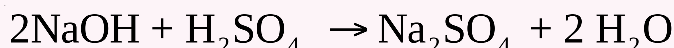
$$= \frac{1.16\,(\cancel{g})}{44\,(\cancel{g}/eq) \times \frac{50}{1000}\,(L)} = 0.52 eq/L$$

السؤال 1-15

لمعايرة محلول NaOH وايجاد تركيزه بشكل مضبوط، تم تسحيح 25 mL منه مع محلول حامض الكبريتيك H_2SO_4 ذو تركيز 0.08 M وكان الحجم المضاف من الحامض اللازم للوصول الى نقطة النهاية هو 47.1 mL. احسب التركيز المولاري لمحلول هيدروكسيد الصوديوم، ثم جد عدد غرامات NaOH المذابة في 500 mL من هذا المحلول.

الحـــل

تكتب معادلة التفاعل الموزونة بين الحامض والقاعدة المستعملة في تفاعل التسحيح



$$2NaOH + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2\,H_2O$$

تظهر المعادلة الكيميائية الموزونة ان مول واحد من الحامض يكافيء مولين من القاعدة وهذا يعني انه عند نقطة نهاية التفاعل :

$$mmol\;\; H_2SO_4 = \frac{1}{2} \times (mmol)\; NaOH$$

$$M_{H_2SO_4} \times V_{H_2SO_4}(mL) = \frac{1}{2}\, M_{NaOH} \times V_{NaOH}(mL)$$

$$0.08\,(mol/L) \times 47.1\,(mL) = \frac{1}{2}\,(M_{NaOH}\,(mol/L) \times 25\,(mL)$$

$$M_{NaOH}\,(mol/L) = 2 \times \frac{0.08\,(mol/L) \times 47.1\,(\cancel{mL})}{25\,(\cancel{mL})}$$

$$M_{NaOH} = 0.3\; mol/L$$

$$m\,(g) = \frac{M\;(mol/L) \times V\,(mL) \times M(g/mol)}{1000\;(mL/L)}$$

$$= \frac{0.3(\cancel{mol}/\cancel{L}) \times 500\;(\cancel{mL}) \times 40\;(g/\cancel{mol})}{1000\;(\cancel{mL}/\cancel{L})} = 6\;g$$

تمرين 1 - 13

تمت معايرة 0.958 g من عينة تحوي حامض الخليك CH_3COOH (M=60 g/mol) بالتسحيح مع محلول هيدروكسيد الصوديوم القياسي بتركيز 0.225 N، فاذا علمت ان حجم محلول القاعدة المضاف من السحاحة اللازم للوصول الى نقطة نهاية التفاعل بلغ 33.6 mL . احسب النسبة المئوية لحامض الخليك في العينة .

الحـــل



$$CH_3COOH + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + H_2O$$

نحسب الكتلة المكافئة لحامض الخليك

$$EM_{CH3COOH} = \frac{M_{CH3COOH}}{\eta} = \frac{60\ (g/mol)}{1\ (eq/mol)} = 60\ g/eq$$

نحسب كتلة حامض الخليك النقي في العنينة من العلاقة الاتية التي نحصل عليها من علاقة العيارية :

$$m\ (g) = \frac{N(eq/L) \times V\ (mL) \times EM\ (g/eq)}{1000\ (mL/L)}$$

$$m\ (g) = \frac{0.225\ (eq/L) \times 33.6\ (mL) \times 60\ (g/eq)}{1000\ (mL/L)} = 0.4536\ g$$

$$\%\ CH_3COOH = \frac{m_{CH3COOH}}{m_{العينة}} \times 100\ \% = \frac{0.4536}{0.958} \times 100\ \%$$

$$= 47.34\%$$

السؤال 1-20

اذيب 2.5 g من كاربونات فلز ثنائي التكافؤ نقية $M\ CO_3$ (حيث ان M تمثل فلز) في 100 mLمن محلول حامضي تركيزه 0.6 N . وبعد انتهاء التفاعل بين المادتين وجد ان المحلول الناتج يحتاج الى اضافـــــة 50 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH تركيزه 0.2 N لمعادلته . احسب الكتلة المولية للفلز ثم حدد هويته.

الحــــــل

بما ان المحلول الناتج بعد مزج كاربونات الفلز مع محلول الحامض قد تفاعل مع محلول هيدروكسيد الصوديوم في الخطوة اللاحقة ، لذلك فان صفة المحلول بقيت حامضية بمعنى ان محلول الحامض الاصلي قد تفاعل بشكل تام (تكافئ) مع كاربونات الفلز وهيدروكسيد الصوديوم لذلك :

كمية الحامض = كمية كاربونات الفلز + كمية هيدروكسيد الصوديوم

عدد مكافات الحامض = عدد مكافات الفلز + عدد مكافات القاعدة

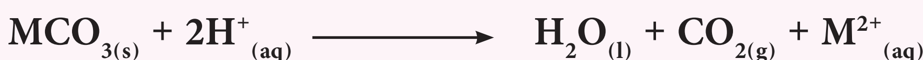
$$eq(NaOH) + eq(MCO_3) = eq(acid)$$

$$\left[N_{NaOH}\, eq/L \times V_{NaOH}(L) + \frac{m_{MCO3}(g)}{EM_{MCO3}(g/eq)}\right] = N_{acid}\ (eq/L) \times V_{acid}\ (L)$$

$$\left[0.2\ (eq/L) \times 50(mL) \times \frac{1L}{1000\ mL} + \frac{2.5\ g}{EM_{MCO3}(g/eq)}\right]$$

$$= 0.6(eq/L) \times 100(mL) \times \frac{1(L)}{1000(mL)} \Rightarrow EM_{MCO3} = 50\ g/eq$$

وتلك النتيجة تمثل الكتلة المكافئة لكاربونات الفلز وبما ان كاربونات الفلز ثنائي التكافؤ فانها ستتفاعل على الشكل الاتي مع الحامض



$$MCO_{3(s)} + 2H^+_{(aq)} \longrightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} + M^{2+}_{(aq)}$$

وعلى ذلك الاساس يمكن حساب الكتلة المولية للكاربونات كالاتي حيث ان $\eta = 2$

$$EM(g/eq) = \frac{M(g/mol)}{\eta(eq/mol)} \Rightarrow 50\,(g/eq) = \frac{M(g/mol)}{2\,(eq/mol)}$$

$$M = 100\ g/mol$$

وتلك النتيجة تمثل الكتلة المولية لكاربونات الفلز

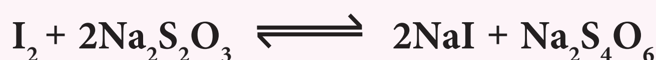
$$M(g/mol) = M_{الفلز} + M_C + (3\times M_O)$$

$$100(g/mol) = M_{الفلز} + 12 + (3\times16) \Rightarrow M_{الفلز} = 40\ g/mol$$

ومن مراجعة الجدول الدوري يتضح ان الفلز هو الكاليسيوم

السؤال 1-21

اضيف 20 mL من محلول برمنكنات البوتاسيوم $KMnO_4$ تركيزه 0.3 N الى كمية وافية من محلول يوديد البوتاسيوم KI المحمض ، فتحررت كمية من اليود I_2 التي تم تسحيحها مع محلول ثايوكبريتات الصوديوم $Na_2S_2O_3$ (M= 158 g/mole) حسب التفاعل الاتي:



$$I_2 + 2Na_2S_2O_3 \rightleftharpoons 2NaI + Na_2S_4O_6$$

حيث استهلك 25 mL من هذا المحلول للوصول الى نقطة نهاية التفاعل. احسب:

ا- عيارية محلول $Na_2S_2O_3$.

ب- عدد غرامات ثايوكبريتات الصوديوم المذابة في 1L من هذا المحلول .

الحـــل

آ) من منطوق السؤال

كمية اليود المتحرره = كمية برمنكنات البوتاسيوم المضافة

ومن عملية التسحيح "عند نقطة نهاية التفاعل"

كمية اليود = كمية ثايوكبريتات الصوديوم المستهلكة في التسحيح

لذلك يمكن استنتاج :

كمية برمنكنات البوتاسيوم المضافة = كمية ثابوكبريتات الصوديوم المستهلكة في التسحيح

عدد ملئ مكافات $Na_2S_2O_3$ = عدد ملى مكافات $KMnO_4$

$$N_{KMnO4}(meq/mL) \times V_{KMnO4}(mL) = N_{Na2S2O3}(meq/mL) \times V_{Na2S2O3}(mL)$$

$$N_{Na2S2O3} = \frac{N_{KMnO4}(meq/mL) \times V_{KMnO4}(mL)}{V_{Na2S2O3}(mL)}$$

$$= \frac{0.3(meq/mL) \times 20(mL)}{25\ (mL)} = 0.24\ meq/mL = 0.24\ eq/L$$

ب) لحساب عدد غرامات $Na_2S_2O_3$ المذابة في لتر من المحلول تطبق العلاقة التي تربط بين التركيز العيارية والكتلة وحجم المحلول (قانون العيارية) كالاتي:

$$m(g) = N\ (eq/L) \times V\ (L) \times EM\ (g/eq)$$

ولاجل تطبيق تلك العلاقة، ينبغي ايجاد الكتلة المكافئة للمركب $Na_2S_2O_3$ حيث تسلك تلك المادة في عملية التسحيح تلك سلوك عامل مختزل إذ تفقد كل جزيئة منها الكترون واحد لذك تكون قيمة .

$$\eta = 1(eq/mol)$$

$$EM_{Na2S2O3}(g/eq) = \frac{M(g/mol)}{\eta(eq/mol)} = \frac{158\ (g/\cancel{mol})}{1(eq/\cancel{mol})} = 158\ g/eq$$

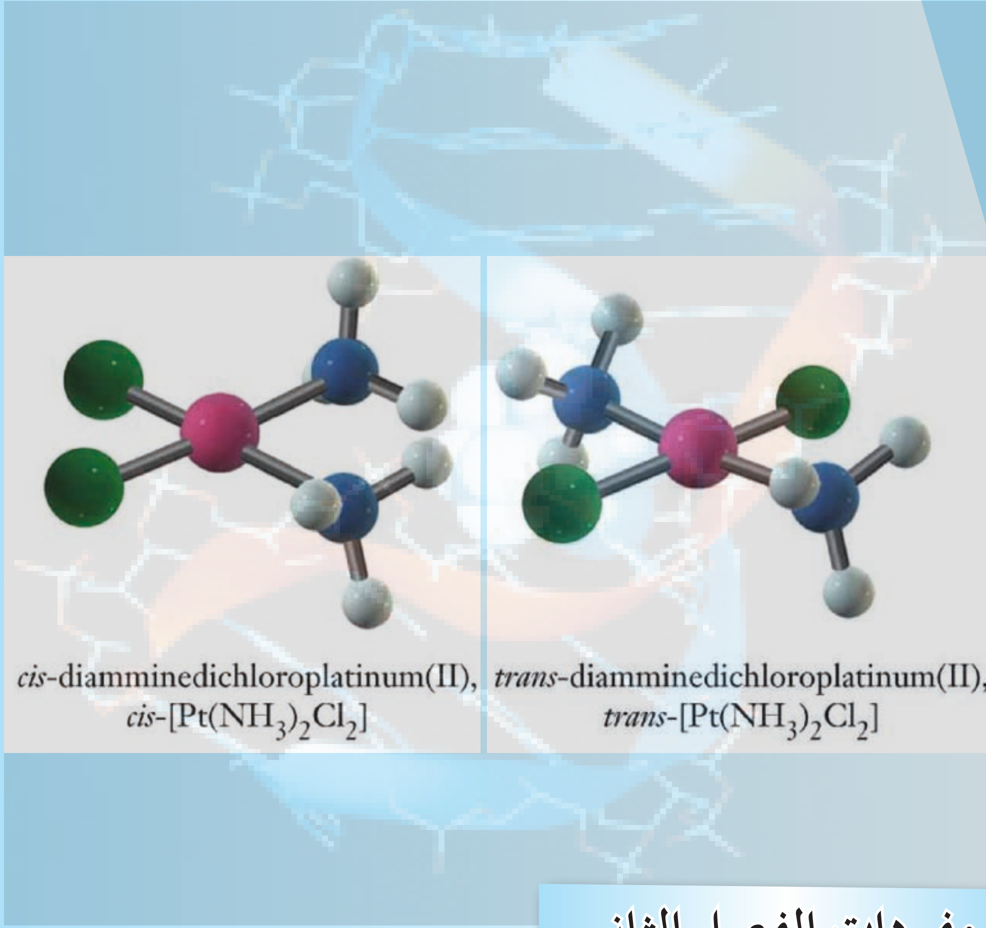
$$m_{Na2S2O3} = 0.24\ \cancel{eq}/\cancel{L} \times 1\cancel{L} \times 158\ g/\cancel{eq} = 37.92\ g$$

الفصل الثاني

2

الكيمياء التناسقية

Coordination Chemistry



مفردات الفصل الثاني

مقـدمة شاملة

يتعرف الطالب في هذا الفصل على نوع من المركبات المسماة بالمركبات التناسقية Corrdination Compounds او المعقدات الفلزية (Metal complexes) او المعقدات فقط (Complexes) وتحتوي تلك المركبات على ايون او ذرة فلز مركزية محاطة بعدد من الايونات او الجزيئات. ويحاول المعقد ان يحافظ على كيانه حتى في المحلول بالرغم من التحلل الجزيئي الذي قد يحدث له، تقوم المركبات التناسقية بدورٍ اساس في الصناعات الكيميائية في الحياة نفسها، ان نظرية فيرنر التناسقية بما فيها من فكرة التكافؤ الثانوي تعطي تفسيراً كافياً لوجود معقدات مثل $[Co(NH_3)_6]CL_3$ ويمكن ايضاً تفسير الخواص والاشكال الهندسية لهذه المعقدات استعمال النظرية المذكورة التي مازالت باقية كاساس حقيقي للكيمياء التناسقية وبما ان عمل فيرنر قد سبق نظريتنا الالكترونية لذرة بحوالي عشرين ثانية لهذا لم تستطع نظريته ان توضح وحسب المبادئ الحديثة طبيعة التكافؤ الثانوي او كما يسمئ حالياً الاصرة التناسقية (Coordinatebord) وتوجد في الوقت الحاضر ثلاث نظريات تستخدم لوصف طبيعة التآصر في المعقدات الفلزية وهي .

نظرية آصرة التكافؤ (VBT) .

نظرية المجال البلوري الالكتوستاتيكية (CFT) .

نظرية الاوربيتال الجزيئي (MOT) .

الاهداف التعليمية للفصل

في المجال المعرفي/ عند الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على ان :

1- يصنف العناصر الانتقالية .

2- يميز بين الملح المزدوج والمركب التناسقي .

3- يوضح تطور الكيمياء التناسقية .

4- يفهم نظرية فرنر التناسقية .

5- يشرح حوامض وقواعد لويس .

6- يعرف ، الليكند ، عدد التناسق، الايون المعقد ، معقد متعادل ، ليكندات ثنائية ومتعددة المخلب .

7- يصنف الليكندات.

8- يصف قاعدة العدد الذري الفعال.

9- يسمي المركبات التناسقية وفق نظام IUPAC .

10- يعدد انواع النظريات المستخدمة لوصف طبيعة التآصر في المعقدات التناسقية.

في المجال المهاري/ بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على ان :

1- يحسب التكافؤ الاولي والثانوي للمركبات التناسقية باعطاء امثلة.

2- يكتب صيغ مركب ما والذي يتمثل بحسب نظرية لويس.

3- يحسب العدد الذري الفعال بمثال.

4- يحدد عدد التناسق لمركب ما.

5- يرسم الاشكال الهندسية المتوقعة لكل عدد تناسقي لمركب ما.

6- يكتب معادلات كيميائية لتفاعلات تنتج معقد امين لفلزات متعددة.

في المجال الوجداني/ بعد الانتهاء من الفصل يكون الطالب قادراً على ان:

1- يقدر عظمة الخالق (سبحانه وتعالى) في وجود المعادن والفلزات في الطبيعة وتسخيرها لخدمة البشرية .

2- يحترم العمل اليدوي من خلال تنفيذ الانشطة العملية والتطبيقات الحيوية .

3- يقتصر في استخدام المواد وتوظيفها لخدمة البشرية.

4- يؤمن بالاسلوب العلمي في حل المشكلات التي تواجه العلماء.

خطة أنموذجّية مقترحة للدرس

الموضوع/ حوامض وقواعد لويس (أصرة المزدوج الالكتروني)

الاهداف السلوكية للدرس :

في المجال المعرفي/ عند الانتهاء من الدرس يكون الطالب قادراً على ان :

1 - يوضح تفاعلات بين حوامض وقواعد بمفهوم لويس .

2 - يصف الآصرة التناسقية .

3 - يتعرف على الليكند .

4 - يحدد الاعداد التناسقية والاشكال الهندسية لها .

في المجال المهاري/ عند الانتهاء من الدرس يكون الطالب قادراً على ان :

1 - يكتب معقد تناسقي .

2 - يكتب صيغة جزيء معين على وفق رمز لويس .

3 - يكتب تفاعلا كيميائياً لمعقد امين الفلز .

4 - يرسم اشكالاً هندسية متوقعة لأي عدد تناسقي .

في المجال الوجداني/ بعد الانتهاء من الدرس يكون الطالب قادراً على ان :

1- يقدر عظمة الخالق (سبحانه وتعالى).

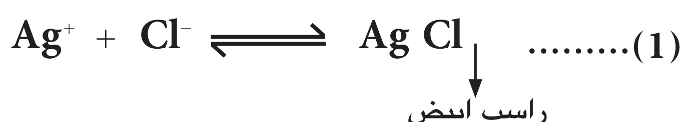
2- يقدر دور العلم والعلماء في تسير حياة الانسان، من خلال اسـهامـات الكيـمـياء التـنـاسقية في مجالات عديدة في حياتنا اليومية.

3- يقتنع بأهمية الكيمياء في حياتنا من خلال تشويق الطلبة لدراسة المركبات المختلفة .

سير الدرس :

التمهيد/ يمهد المدرس لهذا الدرس من خلال اهمية المعقدات الفلزية الكيميائية بأمثلة من الحياة اليومية للطالب والتي تظهر بصورة واضحة عندما يعلم ان الكلوروفيل (المادة الاساس لعملية التركيب الضوئي في النبات) هو احد معقدات المغنيسيوم وان الهيموكلوبين الذي يحمل الاوكسجين الى الخلايا الحيوانية هو من معقدات الحديد، وبالتأكيد فأن الطالب سبق وله ان تعرف على المركبات التناسقية في المختبر حيث يستخدم بشكل واسع في التحليل النوعي لفصل بعض الايونات الفلزية وكذلك للكشف عن بعض الايونات المجهولة .

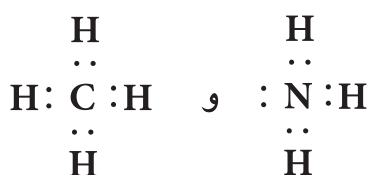
وهنا يمكنك عزيزي المدرس الاشارة الى التجربة التي استعملت للكشف عن ايون الفضة في المحلول فأن إضافة ايون الكلوريد الى محلول يحوي على ايونات الفضة الذي يذوب في زيادة من محلول الامونيا المائي ولكنه يترسب ثانياً عند إضافة زيادة من حامض النتريك ويرجع ذلك الى معادلات الاتزان (1) و (2)





فالراسب الابيض يتكون من AgCl لايذوب في الماء وهذا مايمكن ان يلاحظ من المعادلة (1) ولكنه يذوب في زيادة من NH_3 نتيجة لتكوين ايون المعقد المستقر $[Ag(NH_3)_2]^{+}$ وبحسب المعادلة (2)

العرض/ يقوم المدرس برسم جزيئي CH_4 و NH_3 على وفق رمز لويس بالصيغتين الاتيتين :



ثم يناقش الطلبة بما لاحظوا للتعرف على العمليات التي دارت في ذهنهم اثناء الملاحظة .

ويطرح الاسئلة الآتية :

❁ ماالذي لاحظته ؟ ماالذي جعلك تركز عليها . ستتلقى اجوبة متعددة للطلبة .

الملاحظة/ نجد ان جزيئي CH_4 وNH_3 متشابهتان بأعتبار ان كل ذرة من ذرات الهيدروجين مجاورة لالكترونين بينما يصاحب كل من الكاربون والنتروجين بثمانية الكترونات . فضلا عن وجود مزدوج الكتروني في ذرة النتروجين غير مشتركة مع الهيدروجين . وهذا يسمح لجزيئة الامونيا ان تتفاعل بطريقة بحيث تتقاسم المزدوج الالكتروني الحر (Free electron pair) مع ذرة اخرى .

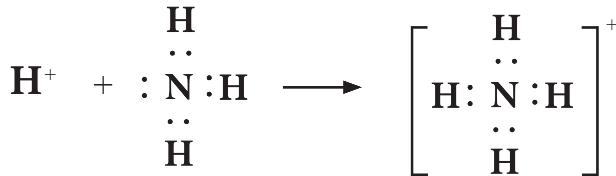
❁ ما الذي دارَ بذهنك ؟

س / نوع الآصرة الناتجة التي يمكن ان تتكون من اشتراك ذرتين بزوج من الالكترونات وتسهم كل ذرة بألكترون واحد وماذا تسمى؟

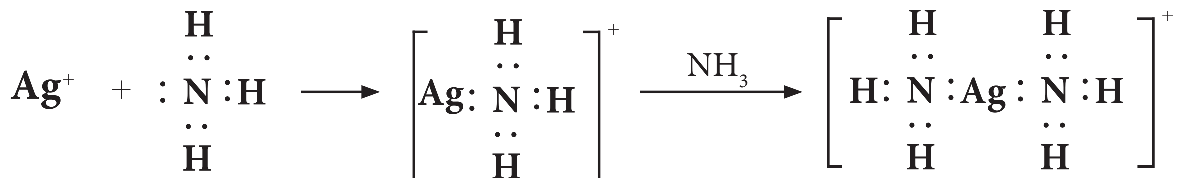
ج/ ان الآصرة الناتجة من ذلك هي آصرة المزدوج الالكتروني فهي آصرة تساهمية، لكنها تسمى احياناً بأصرة تناسقية-تساهمية (Coordinate Covalent bond) لأن النتروجين قد منح كلاً الالكترونين.

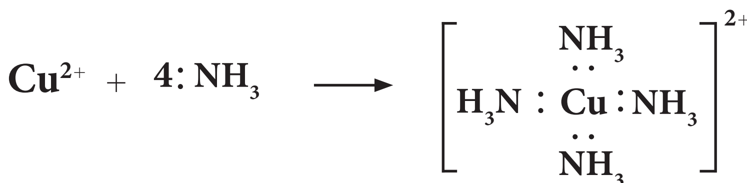
س / ما الذي استنتجته من خلال ملاحظتك ؟ من خلال ماسبق وما يمكنك استنتاجه .

ج/ عند تفاعل الامونيا مع الحوامض تتكون املاح الامونيوم وتتكون آصرة تناسقية تساهمية. وبرغم ذلك تكون الاواصر N-H الاربعة متكافئة، اي ان الاختلاف بين الاواصر التناسقية والتساهمية الاعتيادية يكون ذو اهمية ضئيلة.



وتستطيع جزيئة الامونيا ان تتقاسم المزدوج الالكتروني الحر الموجود لديها مع مواد اخرى مثل ايون الهيدروجين وعندما يحل ايون الفلز محل ايون الهيدروجين يتكون معقد الامونيا الفلزي كما في الامثلة الآتية .





عزيزي المدرس يمكنك الاشارة الى ان تلك التفاعلات غالباً ماتجري في المحلول المائي لذلك فأن الايونات تتكون في البداية على شكل معقدات مائية (Aquo Complex) ومن ثم تستبدل جزيئات

الماء المتناسقة بجزيئات الامونيا NH_3



$$[H:OH_2]^+ + :NH_3 \rightleftharpoons [H:NH_3]^+ + H_2O$$



$$[Ag(:OH_2)_2]^+ + 2:NH_3 \rightleftharpoons [Ag(:NH_3)_2]^+ + 2H_2O$$



$$[Cu(:OH_2)_4]^{2+} + 4:NH_3 \rightleftharpoons [Cu(:NH_3)_4]^{2+} + 4H_2O$$

وتلك التفاعلات تُعد تفاعلات حامض مع قاعدة حسب مفهوم لويس الذي يعرف الحامض بأنه ذلك الذي تستطيع به أن تكتسب الزوج الالكتروني. اما القاعدة فهي التي تمنح الزوج الالكتروني.

يجب على المدرس الابتعاد عن اجبار الطلبة على حفظ بعض تراكيب المعقدات مثل الهيموكلوبين والكلوروفيل ، ان هذا النوع من المعقدات ادرج في متن الكتاب لاطلاع الطلبة عليه فقط.

المفاهيم الاساسية

الملح المزدوج والمركب التناسقي

عند مزج محلولي ملحين بسيطين بنسب مولية بسيطة نحصل على نوعين من مركبات الاضافة هما الملح المزدوج (Doble Salt) والمركب التناسقي (Coordination Compound).

والملح المزدوج هو مركب اضافة مستقر يعطي عند اذابته في الماء كافة الايونات المكونة له بحيث يحتفظ كل ايون بصفاته المستقلة. اما المركب التناسقي فهو ايضا مركب اضافة مستقر لكنه لا يعطي الايونات المكونة له كافة عند ذوبانه في الماء, أي ان الصفات المستقلة لقسم من الايونات المكونة له ستختفي.

نظرية السلسلة Chain Theory

وهي النظرية التي تفسر تكون المركبات التناسقية بافتراض ان الليكندات ترتبط مع بعضها على شكل سلسلة على غرار تكوين السلاسل بين ذرات الكاربون الذي كان معروفا في الكيمياء العضوية وترتبط مع الايون المركزي لاشباع نوع واحد من التكافؤ.

نظرية فرنر Werner's Theory

وهي النظرية التي تفسر تكون المركبات التناسقية بافتراض ان اكثر العناصر تمتلك نوعين من التكافؤ, تكافؤ اولي يعرف بحالة التاكسد وتكافؤ ثانوي يعرف بعدد التناسق. ويحاول كل عنصر عند اشتراكه في تكوين مركب تناسقي اشباع كلا التكافئين حيث تتشبع التكافؤات الاولية بايونات سالبة اما التكافؤات الثانوية فتتشبع بايونات سالبة او جزيئات متعادلة.

الليكند Ligand

جزيء او ايون سالب الشحنة يرتبط بالايون المركزي من خلال ذرة مانحة واحدة او اكثر من المزدوجات الالكترونية . وعندما يهب الليكند مزدوجا واحدا من الالكترونات فانه يدعى احـــــادي المخلب (monodentate) وعندما يهب زوجين من الالكترونات يدعى ثنائي المخلب (bidentate) وعندما يهب اكثر من زوجين من الالكترونات يدعى متعدد المخلب (multidentate).

قاعدة العدد الذري الفعال (EAN) Effective Atomic Number Rule)

تنص تلك القاعدة على ان المعقد التناسقي يصبح مستقرا اذا كان مجموع الالكترونات الموجودة على الفلز والالكترونات الممنوحة من قبل الليكندات تساوي العدد الذري لأحد الغازات النبيلة Kr او Xe او Rn . ويسمى المجموع الكلي للالكترونات على الذرة المركزية والممنوحة من الليكندات بالعدد الذري الفعال.

نظرية آصرة التكافؤ(VBT) Valence Bond Theory)

تعد تلك النظرية تكوين المركبات التناسقية تفاعلا بين حامض لويس (الفلز) وقاعدة لويس (الليكند) مع تكوين آصرة تناسقية بينهما . وهي ذات علاقة وثيقة بالتهجين والشكل الهندسي للمعقدات. وتمثل في تلك النظرية اوربتالات الفلز بمربعات (او في بعض الأحيان دوائر) لبيان توزيع الكترونات الغلاف الخارجي للفلز والالكترونات الآتية من الليكندات.

الاعداد التناسقية والاشكال الهندسية

ان للعدد التناسقي «عدد الليكندات التي ترتبط بالايون المركزي باواصر تناسقية» علاقة بالشكل الهندسي المتوقع للمعقد التناسقي. فاذا كان العدد التناسقي يساوي 2 فان الشكل الهندسي المتوقع يكون ذا تركيب خطي، اما اذا كان العدد التناسقي يساوي 3 فان الشكل الهندسي المتوقع يكون اما شكل مثلث مستوي (Trigonal Planer) او شكل هرم ثلاثي القاعدة (Trigonal Pyramid).

واذا كان العدد التناسقي يساوي 4 فان الشكل الهندسي المتوقع يكون اما بشكل رباعي الاوجه منتظم (Tetrahedral) او مربع مستوي (Square Planer).

المعادلات الرئيسة

الزخم الزاوي

$$\mu\,(B.M) = [e(e+2)]^{1/2}$$

حلول تمرينات وأسئلة الفصل الثاني

السؤال 2-1

ما الذي يميز العناصر الانتقالية عن العناصر الممثلة؟

الحـــل

1-لها اوربيتالات d او f مملوءة جزئياً لذلك تتصف العديد من مركباتها بالصفات البارامغناطيسية.

2- لها حالات تأكسد متعددة .

3- العديد من مركباتها ملونة .

4- لها ميل كبير لتكوين ايونات او مركبات معقدة .

السؤال 2-2

ماهو الفرق بين الأملاح المزدوجة والمركبات المعقدة ؟

الحـــل

أن الفرق بين الاملاح المزدوجة والمركبات المعقدة هي:

ان الملح المزدوج هو مركب اضافة يعطي عند اذابته في الماء الايونات المكونة له كافة ، اي يحتفظ كل ايون بصفاته المستقلة. مثل ملح مور حيث يعطي ايونات Fe^{2+} و NH_4^+ و SO_4^{2-} عند اذابته بالماء.

اما المركب التناسقي فهو مركب اضافة لايعطي الايونات المكونة له كافة عند ذوبانه في الماء ، اي ان الصفات المستقلة لقسم من الايونات المكونة لـه ستختفي . مثل المركب التناسقي $CuSO_4 . 4NH_3$ يذوب في الماء وفق المعادلة :



$$CuSO_4 . 4NH_3 \rightleftharpoons [Cu(NH_3)_4]^{2+} + SO_4^{2-}$$

حيث نلاحظ ان المركب لم يعط الايونات التي تكون منها كافة Cu^{2+} و SO_4^{2-} بل يعطي ايون SO_4^{2-} فقط .

السؤال 2-3

عند مزج محلول $FeSO_4$ مع محلول $(NH_4)_2SO_4$ بنسبة مولية 1:1 فان المحلول الناتج يعطي كشفاً لايون Fe^{2+}، بينما عند مزج محلول $CuSO_4$ مع محلول الامونيا بنسبة مولية 1 : 4 فان المحلول الناتج لا يعطي كشفاً لايون Cu^{2+}. وضح ذلك ؟

الحل

عند مزج محلول $FeSO_4$ مع محلول $(NH_4)_2SO_4$ بنسبة مولية 1:1 فأن المركب الناتج يكون كما في المعادلة الآتية :



$$(NH_4)_2SO_4 + FeSO_4 \longrightarrow FeSO_4 . (NH_4)_2SO_4$$

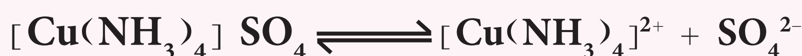
والمركب الناتج هو ملح مور وهو ملح مزدوج عند ذوبانه في الماء يعطي كشف الايونات المكونة له كافة وهي Fe^{2+} و SO_4^{2-} .

اما عند مزج محلول $CuSO_4$ مع محلول الامونيا بنسبة مولية 1:4 فأن المركب الناتج يكون على وفق المعادلة الآتية :



$$CuSO_4 + 4NH_3 \longrightarrow [Cu(NH_3)_4]\ SO_4$$

والمركب الناتج هو مركب تناسقي يذوب في الماء على وفق المعادلة :



$$[Cu(NH_3)_4]\ SO_4 \rightleftharpoons [Cu(NH_3)_4]^{2+} + SO_4^{2-}$$

وهذا يعني انه يعطي كشف لأيون SO_4^{2-} فقط ولا يعطي كشف لأيون Cu^{2+} لأنه ليس ايوناً مستقلاً بل ضمن الايون المعقد $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$.

تمرين 2 – 1

كم هو التكافؤ الاولي والتكافؤ الثانوي للحديد في المركب $K_3[Fe(CN)_6]$ ؟

الحـــل



$K_3[Fe(CN)_6]$

ان كل أيون بوتاسيوم له شحنة $+1$

الأيون السالب هو $[Fe(CN)_6]$

$$Fe^{(x)} + (CN^-)_6 = -3$$

$$x + 6 \times (-1) = -3$$

$$x = +3$$

∴ التكافؤ الأولى للحديد هو $+3$

اما العدد التناسقي فيساوي 6 ، وهو عدد الليكندات المتصلة مباشرة بالفلز

السؤال 2–5

ما العدد التاكسدي (التكافؤ الاولي) للحديد في المركبات الآتية :

1-  $Fe(CO)_5$.

2-  $[Fe(C_2O_4)_3]^{3-}$.

3-  $K_3[Fe(CN)_6]$.

4-  $[Fe(H_2O)_5(NO)]SO_4$.

الحـــل

- 1



$Fe(CO)_5$

$$Fe^{(x)} + (CO)_6 = 0$$

$$x + 0 \times (5) = 0$$

$$x = 0$$

لذا فعدد التأكسد للحديد هو (0)

-2



$[Fe(C_2O_4)_3]^{3-}$

$$Fe^x + 3(-2) = -3$$

$$x - 6 = -3$$

$$x = +3$$

لذا فعدد التأكسد للحديد هو (+3)

3 -



$K_3[Fe(CN)_6]$

$Fe^{(x)} + (CN)_6 = -3$

$x - 6 = -3$

$x = +3$

لذا فعدد التأكسد للحديد هو (+3)

4 -



$[Fe(H_2O)_5(NO)]SO_4$

$Fe^{(x)} + 5 \times (0) + 1 \times (0) = +2$

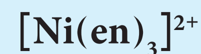
$x = +2$

لذا فعدد التأكسد للحديد هو (+2)

تمرين 2 - 2

احسب العدد الذري الفعال للمركبات الآتية ثم بين هل تنطبق عليه قاعدة العدد الذري الفعال؟  $[Ni(en)_3]^{2+}$; $[Fe(CN)_6]^{3-}$; $[Pd(NH_3)_6]^{4+}$

الحـــل



$[Ni(en)_3]^{2+}$

$Ni = 28\ e^-$

$Ni^{2+} = 26\ e^-$

$3en = 12\ e^-$

$[Ni(en)_3]^{2+} = 38\ e^-$

∴ لاتنطبق عليه قاعدة EAN



$[Fe(CN)_6]^{3-}$

$Fe = 26\ e^-$

$Fe^{3+} = 23\ e^-$

$6CN^- = 12\ e^-$

$[Fe(CN)_6]^{3-} = 35\ e^-$

∴ لاتنطبق عليه قاعدة EAN



$[Pd(NH_3)_6]^{4+}$

$Pd = 46\ e^-$

$Pd^{4+} = 42\ e^-$

$6NH_3 = 12\ e^-$

$[Pd(NH_3)_6]^{4+} = 54\ e^-$

∴ تنطبق عليه قاعدة EAN

تمرين 2 - 3

ما العدد الذري الفعال للمعقد $[Ni(NH_3)_6]^{2+}$ و $[Ag(NH_3)_4]^+$ وهل تنطبق قاعدة (EAN) عليهم؟ اذا علمت ان العدد الذري للنيكل هو 28، والعدد الذري للفضة 47.

الحـــل



$[Ni(NH_3)_6]^{2+}$

$Ni = 28\ e^-$

$Ni^{2+} = 26\ e^-$

$6NH_3 = 12\ e^-$

$[Ni(NH_3)_6]^{2+} = 38\ e^-$

$\therefore$ لاتنطبق عليه قاعدة EAN



$[Ag(NH_3)_4]^+$

$Ag = 47\ e^-$

$Ag^+ = 46\ e^-$

$4NH_3 = 8\ e^-$

$[Ag(NH_3)_4]^+ = 54\ e^-$

$\therefore$ تنطبق عليه قاعدة EAN

السؤال 2-4

عرف العدد الذري الفعال، ثم احسب قيمته لكل من المعقدات الآتية:

1-  $[PtCl_6]^{2-}$.

2-  $[Pt(NH_3)_6]$

3-  $[FeCl_4]^-$

4-  $[Cr(NH_3)_6]^{3+}$

5-  $[Ag(NH_3)_2]^+$

الحـــل

وهو مجموع عدد الالكترونات الموجودة على الفلز او الايون المركزي للالكترونات الممنوحة من الليكندات . وتكون قيمته للمعقدات كالاتي:

- 1



$Pt = 78\ e^-$

$Pt^{4+} = 74\ e^-$

$6Cl^- = 12\ e^-$

$[PtCl_6]^{2-} = 86\ e^-$

- 2



$Pt = 78\ e^-$

$6NH_3 = 12\ e^-$

$[Pt(NH_3)_6] = 90\ e^-$

- 3



$Fe = 26\ e^-$

$Fe^{3+} = 23\ e^-$

$4Cl^- = 8\ e^-$

$[FeCl_4]^- = 31\ e^-$

- 4



$Cr = 24\ e^-$

$Cr^{3+} = 21\ e^-$

$6NH_3 = 12\ e^-$

$[Cr(NH_3)_6]^{3+} = 33\ e^-$

- 5



$Ag = 47\ e^-$

$Ag^+ = 46\ e^-$

$2NH_3 = 4\ e^-$

$[Ag(NH_3)_4]^+ = 50\ e^-$

تمرين 2 - 4

احسب العدد الذري الفعال للمعقد $[Re_2(CO)_{10}]$ ثم بين هل تنطبق قاعدة (EAN) عليه؟ اذا علمت ان العدد الذري لـ Re هو 75 .

الحـــل



$Re = 75\ e^-$

$Re{-}Re = 1\ e^-$

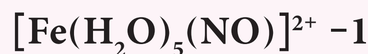
$5\ CO = 10\ e^-$

$[Re_2(CO)_{10}] = 86\ e^-$

∴ تنطبق عليه قاعدة EAN

السؤال 2-6

سم المركبات المعقدة الآتية :


1- $[Fe(H_2O)_5(NO)]^{2+}$


2- $Na_2[Fe(CN)_5(NO)]$


3- $[Co(N_3)(NH_3)_5]SO_4$


4- $K_4[Ni(CN)_4]$

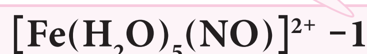

5- $[Cr(H_2O)_4Cl_2]^+$


6- $[Ni(en)_2Cl_2]^{2+}$


7- $[Co(NO_2)_3(NH_3)_3]$


8- $K_2[PtCl_6]$

الحـــــل


1- $[Fe(H_2O)_5(NO)]^{2+}$

ايون خماسي اكوا نايتروسيل الحديد (II)


2- $Na_2[Fe(CN)_5(NO)]$

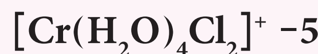
خماسي سيانو نايتروسيل فيرات (III) الصوديوم


3- $[Co(N_3)(NH_3)_5]SO_4$

كبريتات خماسي امين ازيدو الكوبلت (III)


4- $K_4[Ni(CN)_4]$

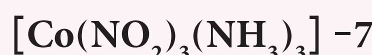
رباعي سيانو نيكلات (0) البوتاسيوم


5- $[Cr(H_2O)_4Cl_2]^+$

ايون رباعي اكوا ثنائي كلورو الكروم (III)


6- $[Ni(en)_2Cl_2]^{2+}$

ايون ثنائي كلوروبس (اثيلين ثنائي امين) النيكل (IV)


7- $[Co(NO_2)_3(NH_3)_3]$

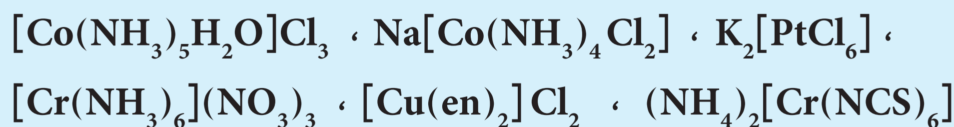
ثلاثي امين ثلاثي نايترو الكلوبلت (III)


8- $K_2[PtCl_6]$

سداسي كلورو بلاتينات (IV) البوتاسيوم

تمرين 2 – 5

سم المعقدات التناسقية الاتية:



$[Co(NH_3)_5H_2O]Cl_3$ ، $Na[Co(NH_3)_4Cl_2]$ ، $K_2[PtCl_6]$ ،

$[Cr(NH_3)_6](NO_3)_3$ ، $[Cu(en)_2]Cl_2$ ، $(NH_4)_2[Cr(NCS)_6]$

الحل

$K_2[PtCl_6]$	سداسي كلورو بلاتينات (IV) البوتاسيوم
$Na[Co(NH_3)_4Cl_2]$	رباعي امين ثنائي كلورو الكوبلتات (I) الصوديوم
$[Co(NH_3)_5H_2O]Cl_3$	كلوريد اكوا خماسي امين الكلوبت (III)
$(NH_4)_2[Cr(NCS)_6]$	سداسي ثايو سياناتوكرومات (IV) الامونيوم
$[Cu(en)_2]Cl_2$	كلوريد بس اثلين ثنائي امين النحاس (II)
$[Cr(NH_3)_6](NO_3)_3$	نترات سداسي امين الكروم (III)

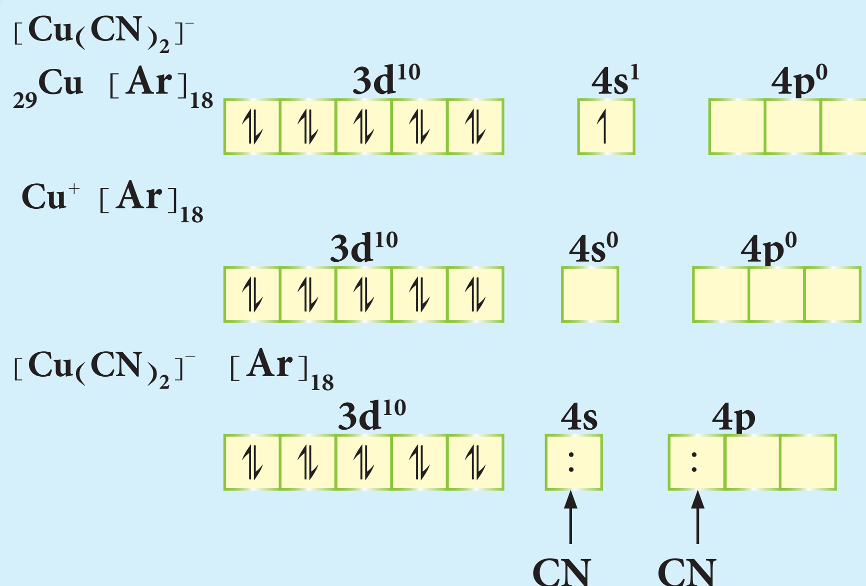
تمرين 2 – 6

اعتمادا على VBT بين توزيع الكترونات الفلز والالكترونات الاتية من الليكندات للمعقد



$[Cu(CN)_2]^-$

الحل



السؤال 2-7

اكتب الصيغ التركيبية للمركبات التناسقية الآتية :

أ- نترات ترس (أثيلين ثنائي أمين) كوبلت (III) .

ب- سداسي سيانونيكلات (0) بوتاسيوم .

ج - رباعي سيانونيكلات (II) صوديوم .

د - رباعي كلورونيكلات (II) بوتاسيوم .

هـ - رباعي كلورومانغنات (II) بوتاسيوم .

و - كلوريد سداسي اكوا تيتانيوم (III) .

ز - رباعي كاربونيل نيكل (0) .

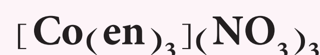
ح - ايون (اثيلين ثنائي أمين) رباعي يودوكرومات (III) .

ط - ايون رباعي كاربونيل كوبالتات (1-) .

ي - ايون رباعي امين نحاس (II) .

الحــــل

أ- نترات ترس (أثيلين ثنائي أمين) كوبلت (III) .



$[Co(en)_3](NO_3)_3$

ب- سداسي سيانونيكلات (0) بوتاسيوم .



$K_6[Ni(CN)_6]$

ج - رباعي سيانونيكلات (II) صوديوم .



$Na_2[Ni(CN)_4]$

د - رباعي كلورونيكلات (II) بوتاسيوم .



$K_2[NiCl_4]$

هـ - رباعي كلورومانغنات (II) بوتاسيوم .



$K_2[MnCl_4]$

و - كلوريد سداسي اكوا تيتانيوم (III) .



$[Ti(H_2O)_6]Cl_3$

ز - رباعي كاربونيل نيكل (0) .


$[Ni(CO)_4]$

ح - ايون (اثيلين ثنائي أمين) رباعي يودوكرومات (III) .


$[Cr(en)I_4]^-$

ط - ايون رباعي كاربونيل كوبالتات (1-) .

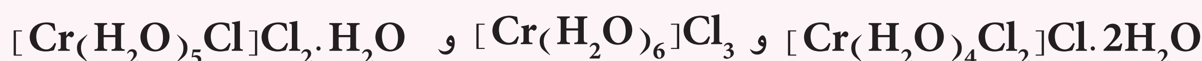

$[Co(CO)_4]^-$

ي - ايون رباعي امين نحاس (II) .


$[Cu(NH_3)_4]^{2+}$

السؤال 2-8

اذا كانت لديك المركبات التناسقية الثلاثة الآتية :


$[Cr(H_2O)_5Cl]Cl_2.H_2O$ و $[Cr(H_2O)_6]Cl_3$ و $[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl.2H_2O$

فما هو الآتي:

أ- العدد التأكسدي (التكافؤ الاولي) للكروم في كل مركب ؟

ب- العدد التناسقي للكروم في كل مركب ؟

ج- أسماء تلك المركبات ؟

الحـــل


$[Cr(H_2O)_4Cl_2]Cl.2H_2O$

$Cr^{(x)} + 4 \times (0) + 2 \times (-1) = +1$

$x = +3$

عدد التأكسد = $+3$

العدد التناسقي = 6

كلوريد رباعي اكوا ثنائي كلورو الكروم (III). المائي



$[Cr(H_2O)_6]Cl_3$

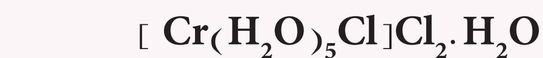
$Cr^{(x)} + 6 \times (0) = +3$

$x = +3$

عدد التأكسد = $+3$

العدد التناسقي = 6

كلوريد سداسي اكوا الكروم(III)



$[Cr(H_2O)_5Cl]Cl_2 . H_2O$

$Cr^{(x)} + 5 \times (0) + 1 \times (-1) = +2$

$x = +3$

عدد التأكسد = $+3$

العدد التناسقي = 6

كلوريد خماسي اكوا كلوريد الكروم (III).المائي

تمرين 2 - 7

لماذا المعقد $[NiCl_4]^{2-}$ بارامغناطيسي بينما المعقد $[PtCl_4]^{2-}$ دايا مغناطيسي؟ وضح ذلك وفق نظرية آصرة التكافؤ.

الحل



$[NiCl_4]^{2-}$



${}_{28}Ni\ [Ar]_{18}$



$3d^8$



$4s^2$



$4p^0$









$Ni^{2+}\ [Ar]_{18}$



$3d^8$



$4s^0$

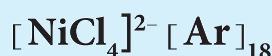


$4p^0$









$[NiCl_4]^{2-}\ [Ar]_{18}$



$3d^8$

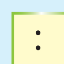


4s



4p







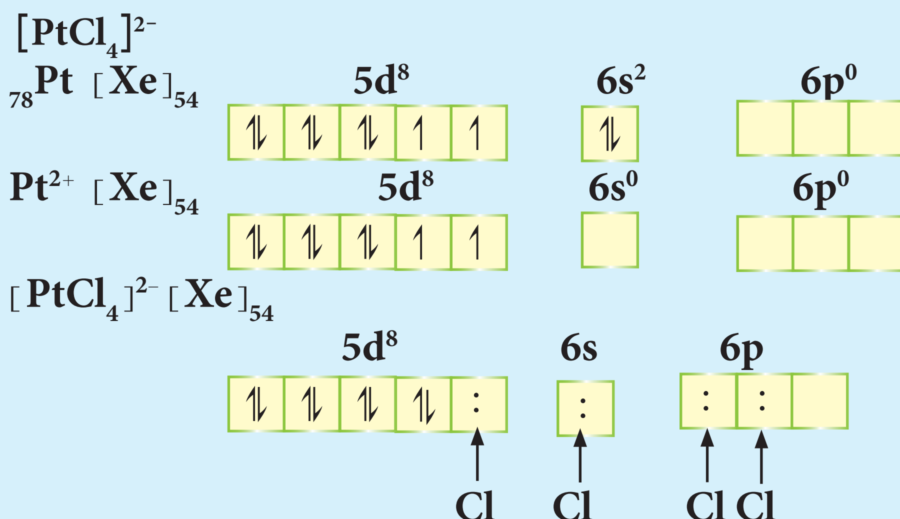






Cl Cl Cl Cl

الصفة بارا مغناطيسية وذلك لوجود الكترونين منفردين



الصفة دايا مغناطيسية وذلك لعدم وجود الكترونات منفردة

السؤال 2-9

اختر الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي :

1- إن العدد التأكسدي (التكافؤ الاولي) للكروم في الايون المعقد $[Cr(H_2O)_4Cl_2]^+$ هو :

أ- 3   ب- 1   جـ- 6   د- 5

2- إن العدد التأكسدي (التكافؤ الاولي) للبلاتين في الايون المعقد $[Pt(C_2H_4)Cl_2]^-$ هو :

أ- 1   ب- 2   جـ- 3   د- 4

3- إن الصيغة التركيبية للمركب (ثنائي كلورو بس (يوريا) نحاس (II) هي :

أ- $[Cu\{(NH_2)_2CO\}_2]Cl_2$

ب- $[Cu\{(NH_2)_2CO\}Cl]Cl]$

ج- $[CuCl_2\{(NH_2)_2CO\}_2]$

د - جميع الاجابات السابقة خطأ.

4- إن اسم المركب $[Pt(NH_3)_3Br(NO_2)Cl]Cl$ على وفق نظام الـ IUPAC هو :

أ- كلوريد ثلاثي امين كلورو برومو نايترو بلاتين (IV) .

ب- كلوريد ثلاثي امين كلورو برومو نايترو كلورو بلاتين (IV) .

ج- كلوريد ثلاثي امين برومو كلورو نايترو بلاتين (IV) .

د- كلوريد ثلاثي امين نايترو كلورو برومو بلاتين (IV) .

الحــــل

1-(أ)   2- (ب)   3- (جـ)   4- (جـ)

السؤال 2-10

اعتمادا على نظرية آصرة التكافؤ (VBT) أجب عن الأسئلة الآتية لكل من المركبات التناسقية الاتية:



$[Ni(dmg)_2]$; $[NiCl_4]^{2-}$; $[Ni(CN)_4]^{2-}$; $[Ni(CO)_4]^{2+}$; $[Cu(NH_3)_4]^{+}$;



$[CoCl_4]^{2-}$; $[Zn(CN)_4]^{2-}$; $[ZnCl_2(NH_3)_2]$

أ- ما نوع التهجين للذرة المركزية ؟

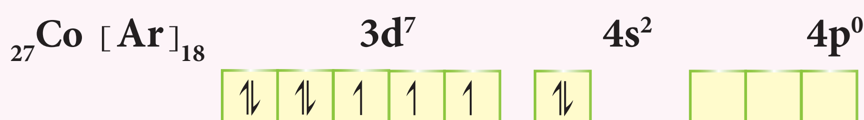
ب- ما الشكل الهندسي للمعقد ؟

جـ- ما الصفة المغناطيسية للمعقد ؟ ولماذا ؟

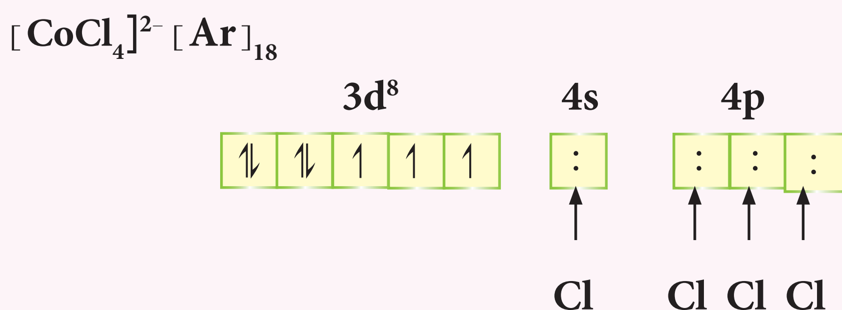
الحــــل



$[CoCl_4]^{2-}$

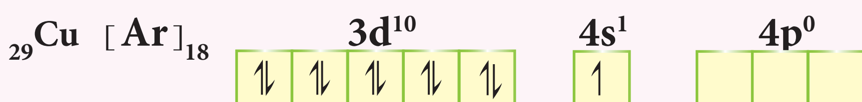




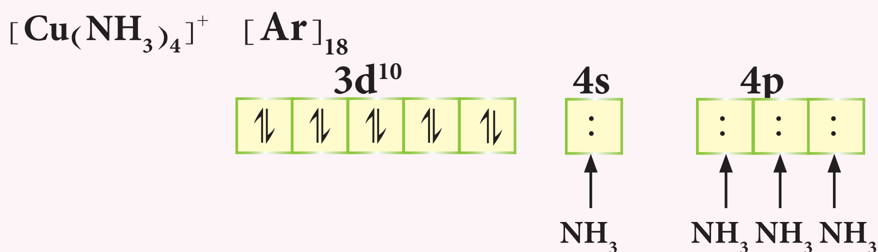


- التهجين Sp^3
- الشكل الهندسي رباعي الاوجه منتظم
- المعقد بارا مغناطيسي لوجود ثلاثة الكترونات منفردة



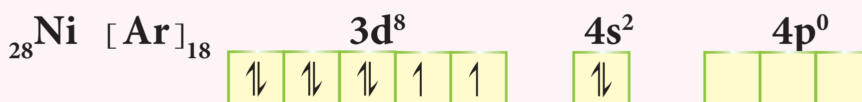




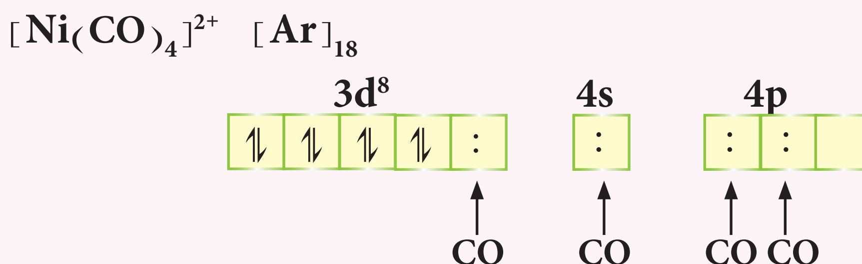


- التهجين Sp^3
- الشكل الهندسي رباعي الاوجه منتظم
- المعقد دايا مغناطيسي لعدم وجود الكترونات منفردة واحد



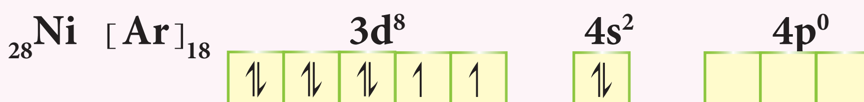




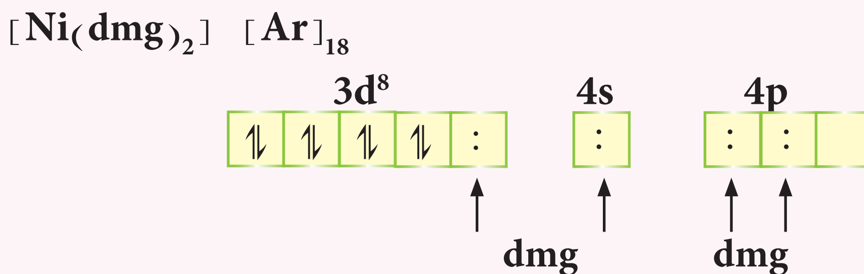


- التهجين dsp^2
- الشكل الهندسي مربع مستوي
- المعقد دايا مغناطيسي لعدم وجود الكترونات منفردة واحد





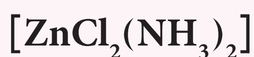


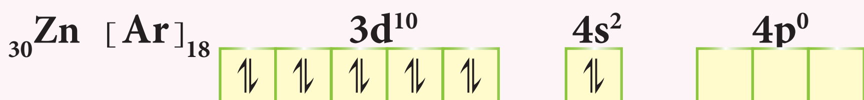


- التهجين dsp^2

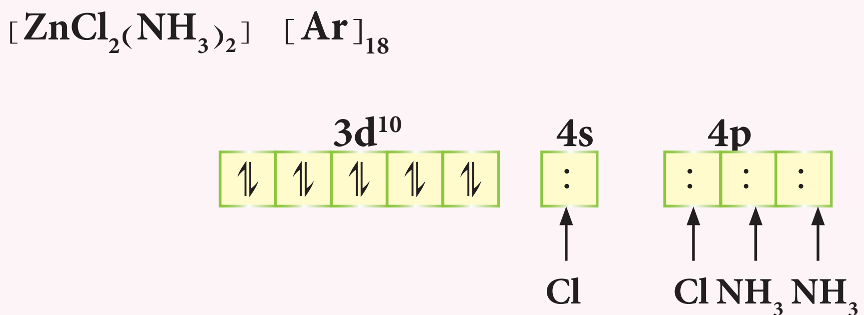
- الشكل الهندسي مربع مستوي

- المعقد دايا مغناطيسي لعدم وجود الكترونات منفردة واحد







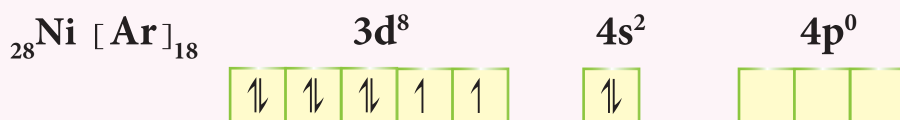


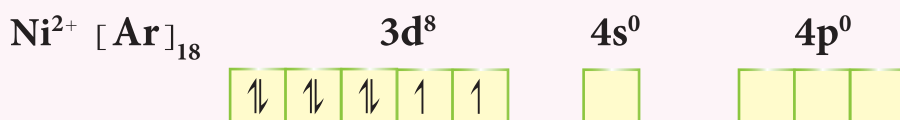
- التهجين Sp^3

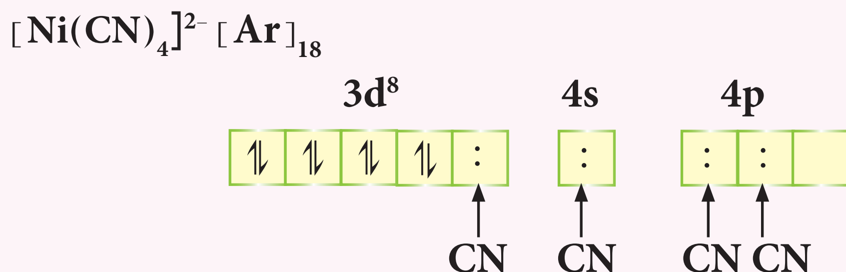
- الشكل الهندسي رباعي الاوجه منتظم

- المعقد دايا مغناطيسي لعدم وجود الكترونات منفردة واحد







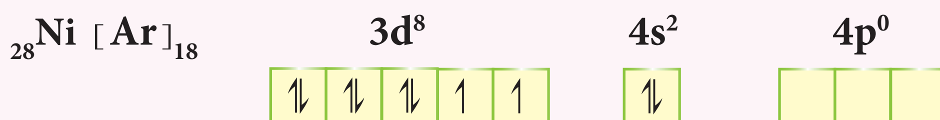


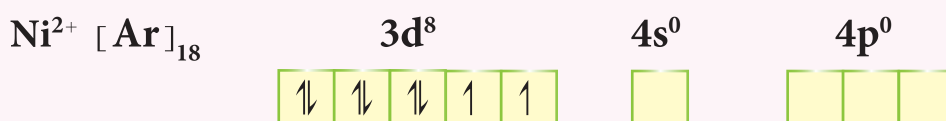
ـ التهجين dsp^2

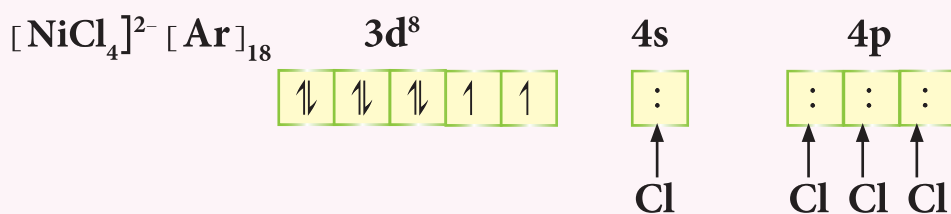
ـ الشكل الهندسي مربع مستوي

ـ المعقد دايا مغناطيسي لعدم وجود الكترونات منفردة واحد





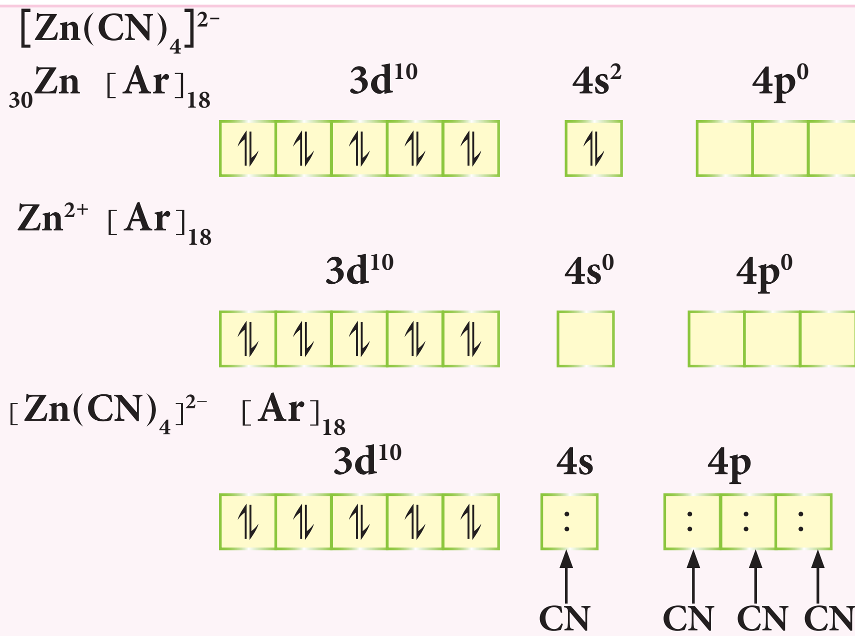




ـ التهجين sp^3

ـ الشكل الهندسي رباعي الاوجه منتظم .

ـ المعقد بارا مغناطيسي لوجود الكترونين منفردة .

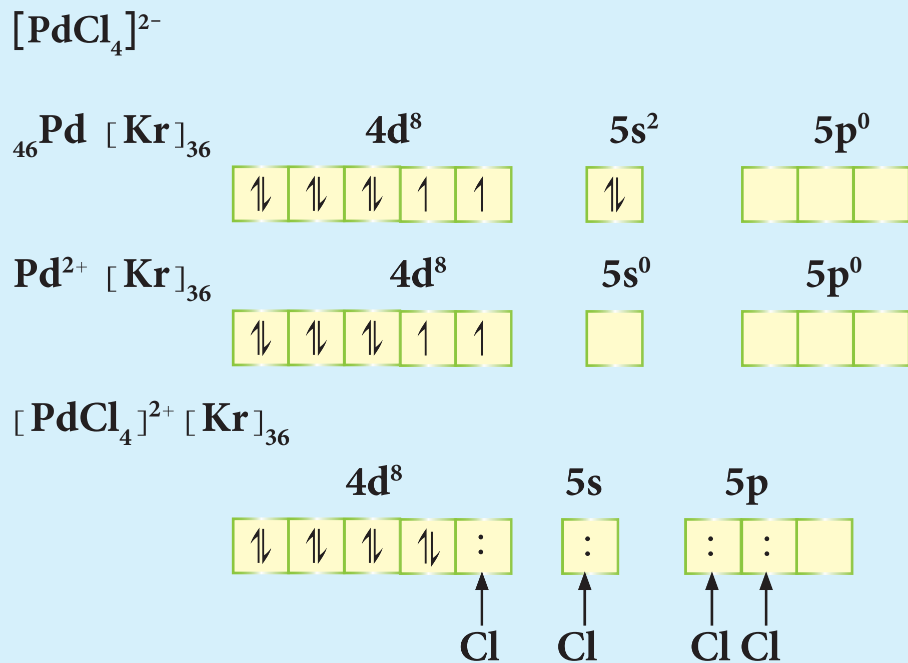


- التهجين Sp^3
- الشكل الهندسي رباعي الاوجه منتظم
- المعقد دايا مغناطيسي لعدم وجود الكترونات منفردة واحد

تمرين 2 - 8

اعتماداً على نظرية آصرة التكافؤ (VBT) ، ما نوع التهجين والشكل الهندسي والصفة المغناطيسية للمعقدين $[PdCl_4]^{2-}$ و $[Co(H_2O)_4]^{2+}$ ثم احسب μ لكل منها.

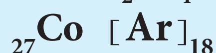
الحـــل



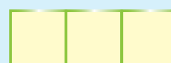
$\mu\,(B.M) = [e(e+2)]^{1/2} = [0(0+2)]^{1/2} = 0$

التهجين هو dsp^2 والشكل الهندسي مربع مستوي والصفة دايامغناطيسية.



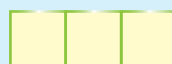


$3d^7$ $4s^2$ $4p^0$

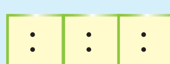


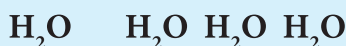
$3d^7$ $4s^0$ $4p^0$



3d⁷ 4s 4p



$\mu (B.M) = [e(e+2)]^{1/2} = [3(3+2)]^{1/2} = 3.87\ B.M$

التهجين هو sp^3 والشكل الهندسي رباعي الاوجه منتظم والصفة بارامغناطيسية.

السؤال 2-11

اعتمادا على نظرية آصرة التكافؤ (VBT) ما عدد الالكترونات المنفردة للمركبات التناسقية الآتية ، وما قيمة (μ) لكلٍّ منها؟



$[NiCl_4]^{2-}$; $[Ni(CN)_4]^{2-}$; $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$

الحــــل



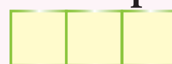


$3d^{10}$ $4s^1$ $4p^0$



$3d^{10}$ $4s^0$ $4p^0$

$3d^{10}$ 4s 4p

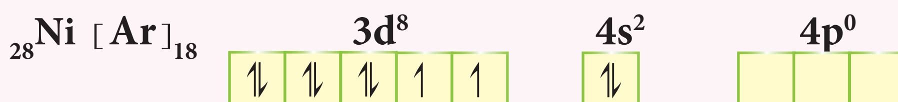
  

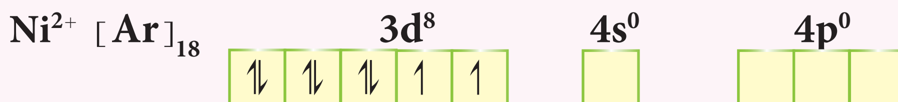
 

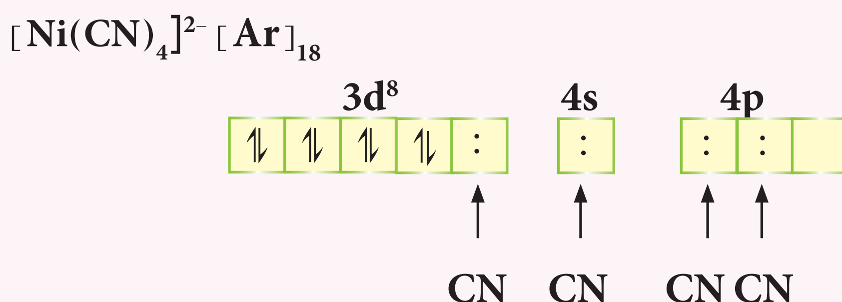
عدد الالكترونات المنفردة = 1

$\mu (B.M) = [e(e+2)]^{1/2} = [1(1+2)]^{1/2} = 1.7\ B.M$ تضاف ملاحظة الى عدم التطرق الى موضوع التهجين الذي حسب العالم باولنك ان تهجين هذا المعقد يختلف عما ذكر هنا علماً بان عدد الالكترونات المفردة حسب تفسير باولنك ايضاً واحد ولكن في مستوى 4P .







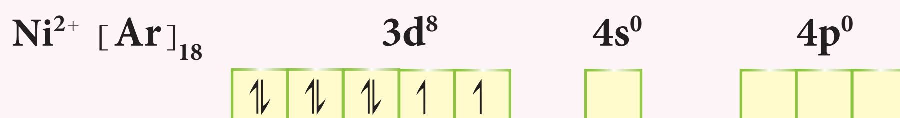


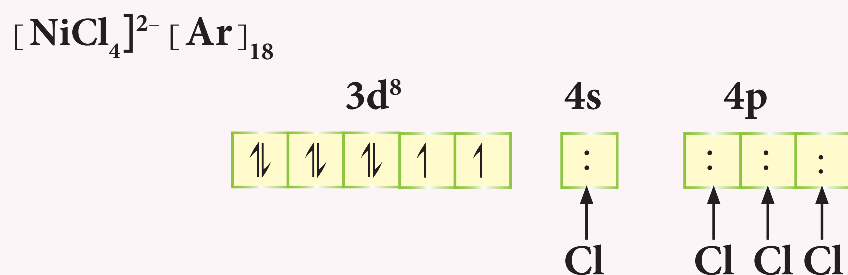
عدد الالكترونات المنفردة = 0

$$\mu\ (B.M) = [e(e+2)]^{1/2} = [0(0+2)]^{1/2} = 0\ B.M$$









عدد الالكترونات المنفردة = 2

$$\mu\ (B.M) = [e(e+2)]^{1/2} = [2(2+2)]^{1/2} = 2.8\ B.M$$

السؤال 2-12

إذا كان الزخم المغناطيسي (μ) للمركب $[MnBr_4]^{2-}$ يساوي 5.9 B.M ، فما نوع التهجين وما هو الشكل الهندسي المتوقع لذلك الايون المعقد اعتمادا على نظرية آصرة التكافؤ.

الحـــل

$\mu\ (B.M) = [e(e+2)]^{1/2} = 5.9\ B.M$

بتربيع الطرفين نحصل على

$e^2 + 2e - 35 = 0$

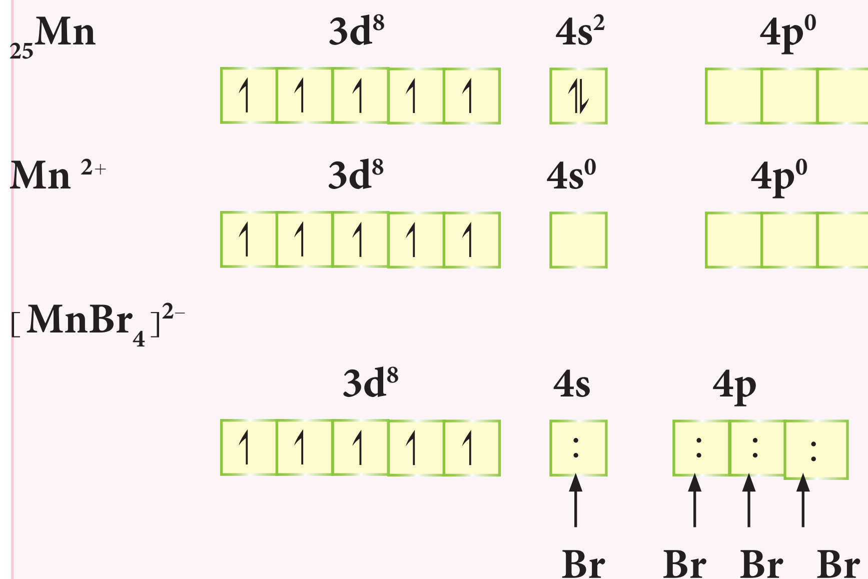
وبحل المعادلة باستخدام الفرق بين مربعين نجد قيمة e التي تساوي

وتهمل القيمة السالبة لذا $e = -7$ او $e = 5$

عدد الالكترونات المنفردة = 5



$[MnBr_4]^{2-}$



ـ التهجين Sp^3

ـ الشكل الهندسي رباعي الاوجه منتظم

السؤال 2-13

1 - اكمل العبارات الآتية للأيون المعقد $[Cr(C_2O_4)_2(H_2O)]^{2-}$

أ - عدد التأكسد (التكافؤ الاولي) لعنصر Cr هو ....

ب - عدد التناسق (التكافؤ الثانوي) لعنصر Cr هو ....

ج - .... هو ليكند ثنائي السن.

2 - أكمل العبارات الاتية للايون المعقد $[Co(en)_2(H_2O)CN]^{2+}$

أ- en هي اختصار لـ ....

ب - عدد التأكسد (التكافؤ الاولي) لعنصر Co هو ....

ج - عدد التناسق (التكافؤ الثانوي) لعنصر Co هو ....

د - .... هو ليكند ثنائي السن.

الحـــــل

1- المعقد $[Cr(C_2O_4)_2(H_2O)]^{2-}$

أ- +2

ب- 5

جـ- الاوكزلات $C_2O_4^{2-}$

2- المعقد $[Co(en)_2(H_2O)CN]^{2+}$

آ - (اثيلين ثنائي امين)

ب - +3

جـ- 6

د - en

الفصل الثالث

3

الثرموداينمك

Thermodynamics



مفردات الفصل الثالث

مقدمة شاملة

تُعد التفاعلات الكيميائية من اهم مصادر الطاقة التي يفاد منها في مجالات كثيرة في الحياة ، فمثلاً احتراق الفحم او البترول او الغاز يُعد تفاعلاً كيميائياً يصاحبه انطلاق كمية كبيرة من الطاقة الحرارية (لذلك تستخدم تلك المواد كوقود)، وهناك ايضاً تفاعلات كيميائية كما يحدث للمواد المستخدمة في العمود البسيط والجاف والخلية الرصاصية (بطارية السيارة) ولذلك تستخدم كمصادر للكهرباء في مجالات عديدة، وعلم الكيمياء الذي يهتم بدراسة التغيير ات الحرارية المصاحبة التفاعلات الكيميائية او التغيير ات الفيزيائية يسمى الكيمياء الحرارية (Thermochemistry) .

الاهداف التعليمية للفصل

في المجال المعرفي / بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على ان :

1 - يعرف بما يأتي :

قانون حفظ الطاقة، التفاعلات الباعثة للحرارة، التفاعلات الماصة للحرارة، حرارة التفاعل(انثالبي التفاعل)، انثالبي التكوين القياسية، انثالبي الاحتراق القياسية ، قانون هيس.

2 - يصنف الطاقة الداخلية الى انواعها .

3 - يحدد انواع التفاعلات الكيميائية .

4 - يعطي مثالاً على التفاعلات باعثة الحرارة .

5 - يعطي مثالاً على التفاعلات ماصة للحرارة .

6 - يحلل كون التفاعلات الكيميائية اما مصحوبة بانبعاث طاقة او بأمتصاصها .

7 - يوضح وجود التغيير في الانثالبي اثناء التفاعل .

8 - يبين العوامل التي تؤثر في عملية اتمام التفاعلات الكيميائية .

9 - يصف الجهاز الذي يقيس حرارة التفاعل المقاسة تحت ثبوت الضغط (الانثالبي) .

10 -يوضح اهمية قانون هيس في حساب حرارة التفاعل .

11 - يميز بين التفاعل الماص للحرارة والباعث للحرارة .

في المجال المهاري / بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على ان :

1 - يعبر بتفاعل ماص للحرارة بمعادلة كيميائية موزونة .

2 - يحسب التغيير ات الحرارية للتفاعل بأمثلة رياضية .

3 - يحسب التغيير ات الحرارية باستخدام انثالبي التكوين القياسية .

4 - يطبق قانون هيس لايجاد التغيير ات الحرارية رياضياً .

5 - يستنتج العلاقة بين الطاقة والحرارة رياضياً .

6 - يطبق رياضياً التغيير ات الحرارية للعمليات الكيميائية والفيزيائية .

في المجال الوجداني / بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على ان :

1 - يقدر عظمة الخالق (سبحانه وتعالى) في خلقه للطبيعة وتسخيرها لخدمة الانسان .

2 - يقدر جهود العلماء واسهاماتهم بعامة وفي اكتشافات فروع الكيمياء بخاصة .

3 - يكتسب الدقة في حل مشكلة ما علي اساس مفهومها العلمي .

4 - يقوم باجراء التجارب لتوضيح بعض القوانين العلمية واثباتها .

خطة أنموذجيّة مقترحة للدرس

الموضوع / قياس التغيير ات الحرارية

الاهداف السلوكية للدرس / بعد الانتهاء من الدرس يكون الطالب قادراً على ان :

1 - يعرف، عملية ماصة للحرارة، باعثة لحرارة بالاعتماد على تعريف النظام والمحيط، انثالبي التفاعل .

2 - يحدد العلاقة بين الانثالبي و الحرارة.

3 - يستخدم الانثالبي القياسية للتكوين لحساب التغيير ات في انثالبي التفاعل.

4 - يوضح التغيير ات الحرارية للعمليات الكيميائية بمعادلات .

5 - يعطي امثلة لتطبيقات عملية من الحياة اليومية .

في المجال المهاري / بعد الانتهاء من الدرس يكون الطالب قادراً على ان:

1 - يستنتج العلاقة بين الانثالبي والحرارة.

2 - يوضح العمليات الباعثة والماصة للحرارة بتجربة عملية.

3 - يطبق التغيير ات الحرارية للعمليات الكيميائية بمسائل رياضية.

في المجال الوجداني / بعد الانتهاء من الدرس يكون الطالب قادراً على ان:

1 - يقدر عظمة الخالق (سبحانه وتعالى) في خلقه لانواع الطاقة وتسخيرها لخدمة البشرية.

3 - يحل مشكلة ما على اساس مفهومها العلمي.

4 - يكتسب الاتجاه نحو الدقة في توضيح بعض القوانين العلمية واثباتها .

سير الدرس

التمهيد / يقوم المدرس بتقييم الخبرات السابقة لطلبته واختبارها وذلك بطرحه للاسئلة الآتية :

س / نظراً لان عود الثقاب لا يشتعل الا بدلكه وتزويده بطاقة من الاحتكاك، فهل هذا يعني انه تفاعل ماص للحرارة ؟ فسر اجابتك

ج / سيتلقى المدرس اجابات عديدة من الطلبة عليه توحيدها في جواب صحيح : موحد وهو : (لا، لان التفاعل يعطي طاقة في صورة حرارة وضوء اكثر من كمية الطاقة التي يستهلكها للاشتعال)

س / هل هناك طريقة دقيقة لتعيين كمية الحرارة المنبعثة من اشعال عود الثقاب؟

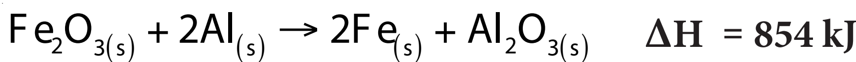
ج / نعم، ولكنها طريقة غير مباشرة،عندما يكون التفاعل في حيز محصور فأن أية تغييرات في درجة حرارة المحيط يمكن ان تعزى الى انتقال الحرارة من التفاعل) .

وهنا يمكنك عزيزي المدرس التطرق الى توضيح معنى كلمة المحيط على انه المنطقة المحيطة بالنظام والشكل(1) يوضح ان خليط المواد الكيميائية الخاضع للتفاعل هو النظام وكل شيء اخر يحيط بالخليط هو المحيط، وان اتجاه سريان الحرارة في حسابات الكيمياء الحرارية ينسب دائماً للنظام وان العملية التي يمتص النظام فيها حرارة من المحيط تسمى بالعملية الماصة للحرارة($+ \Delta H$) (Endothermic Process) وتكون قيمة التغيير في الانثالبي موجبة وفيها يكتسب النظام حرارة ويبرد المحيط اثناء ذلك اما اذا زود النظام حرارة للمحيط (انبعثت حرارة من النظام) فتسمى العملية بالباعثة للحرارة (Exothermic Process) وفيها يفقد النظام الحرارة ويسخن المحيط اثناء ذلك وتكون قيمة التغيير في الانثالبي سالبة ($- \Delta H$) .

والان عزيزي المدرس يمكنك اجراء عرض عملي ومناقشته مع طلبتك

عرض عملي /

الثرميت مزيج من مسحوق الالمنيوم واوكسيد الحديد(III)، وينتج حديد منصهر الذي يتصلب عند درجة حرارة $25^{\circ}C$ واوكسيد الالمنيوم ويحرر حرارة مقدارها 854 kJ .

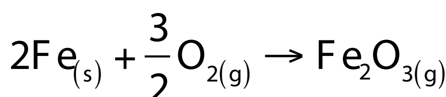


$$Fe_2O_{3(s)} + 2Al_{(s)} \rightarrow 2Fe_{(s)} + Al_2O_{3(s)} \qquad \Delta H = 854\ kJ$$

يطلب المدرس من الطلبة بعد العرض حساب كمية الحرارة المنبعثة مستخدماً قانون هيس وذلك من جمع المعادلات الحرارية الآتيةبعد تعديلها لتنتج المعادلة المطلوبة اعلاه :



$$2Al_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \rightarrow Al_2O_{3(s)} \qquad \Delta H^{\circ}_{r}\ (1) = -1676\ kJ$$



$$2Fe_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \rightarrow Fe_2O_{3(g)} \qquad \Delta H_r^\circ\ (2) = -822.1\ kJ$$

المناقشة /

لتوضيح كتابة المعادلة الكيميائية الحرارية التي تتضمن (تشمل) طاقة يشير المدرس الى تفاعلين شائعين، اولهما هو تفاعل الاحتراق للميثان في لهب بنزن والذي يضيف طاقة للمحيط اي أن النظام يبعث حرارة للمحيط قيمتها سالبة ($-\Delta H_r^\circ$) وتساوي $-890\ kJ/mol$.



$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(L)} \qquad \Delta H_r^\circ = -890\ kJ/mol$$

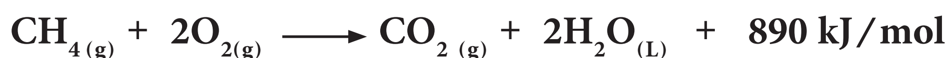
والتفاعل الثاني هو التحليل الكهربائي للماء حيث تستخدم طاقة كهربائية لتحليل الماء الى غاز الهيدروجين وغاز الاوكسجين . ولهذا فهناك طاقة انثالبي تمتص من قبل النظام من المحيط وعلى ذلك فأن عملية التحليل الكهربائي للماء لها قيمة موجبة ($+\Delta H_r^\circ$) وتساوي $+242\ kJ/mol$.



$$2H_2O_{(l)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)} + O_{2(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = +242\ kJ/mol$$

ويقوم المدرس بتذكير الطلبة بأن اشارة ΔH تعني ما اذا كان التفاعل ماصاً للحرارة (+)او باعثاً للحرارة (−) . ومن الممكن كتابة الحرارة المنبعثة ضمن نواتج المعادلة الحرارية وكتابة الحرارة الممتصة ضمن متفاعلات المعادلة الحرارية وكالآتي :

يطلب ايضاً المدرس من الطلبة استخدام المعادلة الكيميائية الحرارية لحل اسئلة المعادلات الكمية (الموزونة) .



$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(L)} + 890\ kJ/mol$$

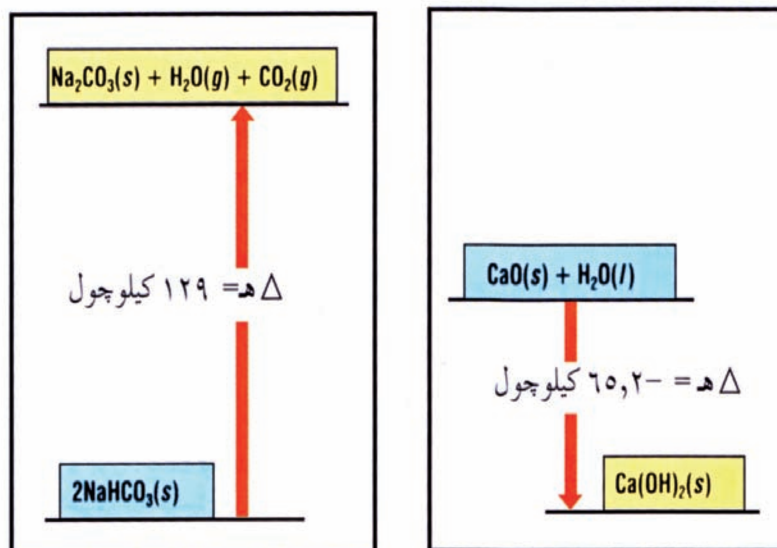


$$2H_2O_{(l)} + 242\ kJ/mol \longrightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

يطلب المدرس من الطلبة ملاحظة الشكل (2) فيقومون برسم اشكال مشابهة له لاحتراق الميثان والتحليل الكهربائي للماء H_2O لكل تفاعل على حدة . يقوم بتوجيه السؤال الاتي :

س / هل طاقة وضع المواد المتفاعلة اكبر ام اقل من المواد الناتجه ؟

ج / اكبر بالنسبة لـCH_4 واقل من بالنسبة لـ H_2O



(آ) تفاعل باعث للحرارة . (ب) تفاعل ماص للحرارة .

الشكل (2) توضح اشكال الانثالبي للعمليات الباعثة والماصة للحرارة . يوضح آ تفاعل اكسيد الكالسيوم والماء ، ويوضح ب تحلل بيكاربونات الصوديوم . في اي حالة من التفاعلات السابقة تكون فيها الانثالبي للمواد المتفاعلة قيمتها اكبر من قيمة المواد الناتجة من التفاعل .

العرض العملي /

يقوم المدرس بعمل عرض عملي لتفاعل باعث للحرارة، ويخبر الطلبة بأنه سيقوم بخلط **100g** من **CaO** مع الماء وملاحظة ماسوف يحدث .

- يضع المدرس **100g** من **CaO** في طبق معدني مسطح .

تحذير /

مادة **CaO** تآكلية ولهذا يغطي الطبق المعدني بالكامل برقائق الالمنيوم .

- يضيف المدرس كمية من الماء في الطبق المعدني تكفي لتغطية اوكسيد الكالسيوم، ثم يقوم المدرس بتوجيه السؤال الاتي : -

س / هل هذا التفاعل باعث ام ماص للحرارة ؟

ج / تفاعل باعث للحرارة ويشير المدرس بان **65kJ** من الحرارة تنطلق لكل جزئ **CaO** .

أ

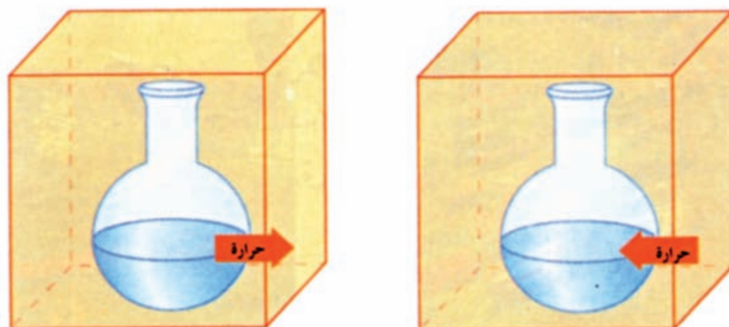
أ- في العملية الماصة للحرارة ، فالحرارة تنتقل للنظام من المحيط وبالتالي يمتص النظام حرارة .



النظام هو الجزء الذي يدرس من الكون .

ماهي مكونات المحيط؟

ب



ب- في العملية الباعثة للحرارة ، تنتقل الحرارة من النظام الى المحيط وبالتالي يفقد النظام حرارة .

الشكل (1) هناك اتجاهان لسريان الحرارة من والى النظام .

العرض /

عزيزي المدرس اعط مثالاً من الحياة العملية لحث الطلبة على التذكير واستنتاج الفكرة العامة للدرس وذلك لمعرفة كيفية ربط كمية الحرارة المتضمنة في تفاعلاً معيناً بكميات الحرارة المتضمنة في تفاعلات اخدرى، مع ملاحظة ان تغيير الانثالبي لتفاعل كيميائي ما لا يعتمد على المسار الذي تتكون به المواد الناتجة من التفاعل .

ارادت مجموعة من متسلقي الجبال الوصول الى قمة جبل، وكانت هناك امكانية التسلق في مسارين (طريقين) مختلفين، احدهما قصير شديد الانحدار ويتجه مباشرةً لقمة الجبل، والاخر طويل واقل انحداراً ولكنه يتضمن عدداً من التغيير ات في الاتجاه للوصول لقمة الجبل، وبالرغم من اختلاف المسافات التي يقطعها المتسلقون باستخدام الطريقين (المسارين) الا ان الارتفاع النهائي (الارتفاع العمودي من قاعدة الجبل الى قمته) للجبل واحد لكلا المسارين . الارتفاع النهائي للجبل (مشابه) لتغيير الانثالبي لتفاعل ما، والمسافات المقطوعة بواسطة المتسلقين لكل طريق مشابه لعدد الخطوات اللازمه لتكوين مجموعة معينه من المواد الناتجة، لا يهم في ذلك عدد الخطوات اللازمه للوصول الى المواد الناتجة من المواد المتفاعله سواء اكانت خطوة واحدة ام خطوات عدة فإن القيمة الكلية لتغيير الانثالبي واحده في كل الاحوال .

يطلب المدرس من الطلبة كتابة المعادلة الكيميائية الحرارية لوصف التفاعل السابق طبقاً لمشاهدتهم، ويساعد المدرس الطلبة بكتابة معادلة كلامية على السبورة : اوكسيد الكالسيوم يتفاعل مع الماء ليعطي هيدروكسيد الكالسيوم وكمية حرارة قدرها 65kJ/mol .



$$CaO_{(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow Ca(OH)_{2(s)} \qquad \Delta H^\circ_r = -65\ kJ/mol$$

ويتأكد المدرس من ان الطلبة قد عبروا عن قيمة انثالبي التفاعل بالمقدار السالب .

المفاهيم الاساسية

وحدة الجول Joule Unit

هي وحدة الطاقة حسب النظام الدولي للوحدات ويرمز له بالرمز (**J**) .

درجة حرارة كلفن

هي درجة الحرارة بوحدات الكلفن (**Kelvin**) ويرمز بالرمز (**T**) ووحداتها حسب النظام الدولي للوحدات هي الكلفن (**K**) .

النظام System

النظام الثرموداينمكي هو ذلك الجزء من الكون الذي نهتم بدراسته يتكون من المادة او المواد المشتركة في حدوث تفاعل كيميائي او تغير فيزيائي .

المحيط Surrounding

كل مايحيط بالنظام ويؤثر عليه من التغيير ات فيزيائية او كيميائية .

المجموعة

يطلق على النظام والمحيط بالمجموعة

المجموعة = النظام + المحيط

النظام المفتوح Open System

يسمى النظام مفتوحاً اذا كانت الحدود بين النظام والمحيط تسمح بتبادل مادة النظام وطاقته، مثال ذلك اناء معدني مفتوح يحتوي على ماء مغلي .

النظام المغلق Closed System

يكون النظام مغلقاً اذا كانت حدود النظام تسمح بتبادل الطاقة فقط ولاتسمح بتغيير مادة النظام، مثل اناء معدني مغلق محتوى على ماء مغلي .

النظام المعزول Isolated System

يعرف النظام المعزول بان حدوده لاتسمح بتبادل لا الطاقة ولا المادة، مثال ذلك الثرموس.

السعة الحرارية Heat Capacity

ويرمز لها بالرمز (C) كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة مقدارها (m) غرام من أية مادة درجة سليزية واحدة ووحدتها هي (J / °C) .

الحرارة النوعية specific Heat

يرمز لها بالرمز s وتعرف بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة غرام واحد من المادة درجة سيليزية واحدة ووحدتها (J / g . °C).

دالة الحالة State function

هي تلك الخاصية او الكمية التي تعتمد على الحالة الابتدائية للنظام قبل التغيير، والحالة النهائية للنظام بعد التغيير بغض النظر عن الطريق او المسار الذي تم من خلاله التغيير .

الخواص الشاملة Extensive Properties

وهي الخواص التي تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام مثل الكتلة والحجم.

الخواص المركزة Intensive Properties

وهي الخواص التي لا تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام مثل الضغط والكثافة ودرجة الحرارة.

الانثالبي Enthalpy

دالة حالة ثرموداينمكية وخاصة شاملة تمثل كمية الحرارة الممتصة او المتحررة المقاسة بثبوت الضغط ويرمز لها بالرمز H ولايمكن قياس القيم المطلقة لها لأنها دالة حالة ويقاس لها التغيير الحاصل فيها ΔH.

تفاعل باعث للحرارة Exothermic Reaction

التفاعل الكيميائي الذي يصاحبه تحرر حرارة وقيمة التغيير في الانثالبي له سالبة.

تفاعل ماص للحرارة Endothermic Reaction

التفاعل الكيميائي الذي يصاحبه امتصاص حرارة وقيمة التغيير في الانثابي له موجبة.

انثالبي التفاعل القياسية Standard Enthalpy of Reaction

يرمز بها بالرمز ΔH_r° وتعرف بأنها الحرارة المصاحبة لحدوث التفاعل عند الظروف القياسية من درجة حرارة وضغط.

انثالبي التكوين القياسية Standard Enthalpy of Formation

ويرمز لها بالرمز ΔH_f° وتعرف بأنها الحرارة اللازمة لتكوين مول واحد من أية مركب من عناصره الاساس الموجودة بأثبت صورها اي حالتها القياسية.

انثالبي الاحتراق القياسية Standard Enthalpy of Combustion

ويرمز لها بالرمز ΔH_c° وتعرف بأنها الحرارة المتحررة من حرق مول واحد من أية مادة حرقاً تاماً مع وفرة من الاوكسجين عند الظروف القياسية من درجة حرارة وضغط .

قانون هيس Hess law

التغيير في الانثالبي المصاحب لتحول المواد المتفاعلة الى نواتج هو نفسه سواء تم التفاعل في خطوة واحدة ام سلسلة من الخطوات.

العمليات التلقائية وغير التلقائية Spontaneous and Nonspontaneous

اي عملية فيزيائية او كيميائية تحدث من تلقاء نفسها عند ظروف معينة دون تأثير من اي عامل خارجي تسمى عملية تلقائية. اما العملية التي لايمكن ان تجري بشكل تلقائي في ضل الظروف نفسها تسمى غير تلقائية.

الانتروبي Entropy

يرمز لها بالرمز S وهي دالة حالة ثرموداينميكية تُعد مقياس درجة اللانتظام للنظام الثرموداينمكي.

طاقة كبس الحرة Gibbs Free Energy

يرمز لها بالرمز G وهي دالة حالة ثرموداينمكية تنتج لنا التنبؤ بتلقائية العمليات الفيزيائية او الكيميائية وتمثل الطاقة العظمى التي يمكن الحصول عليها من قياس التغيير في الانثالبي والانتروبي.

طاقة كبس الحرة للتكوين القياسية Standard Gibbs free energy of Formation

يرمز لها بالرمز ΔG_f° وتعرف بأنها مقدار التغيير في الطاقة الحرة عند تكوين مول واحد من اي مركب من عناصره الاساس بأثبت صورها عند الظروف القياسية عند درجة حرارة $25\,^{\circ}C$ وضغط 1 atm.

المعادلات الرئيسة

العلاقة بين درجات الحرارة بوحدة الكلفن K والوحدة السيليزية C° $T(K) = t(^\circ C) + 273$

العلاقة بين كمية الحرارة والحرارة النوعية $q(J) = \varsigma(J/g.^\circ C) \times m(g) \times \Delta T(^\circ C)$

العلاقة بين كمية الحرارة والسعة الحرارية $q = C.\ \Delta T$

التغيير في الانثالبي القياسية للتفاعل

$$\Delta H_r^\circ = \Sigma\, n\, \Delta H_f^\circ\,(Products) - \Sigma\, n\, \Delta H_f^\circ\,(Reactants)$$

التغيير في الانتروبي القياسية للتفاعل

$$\Delta S_r^\circ = \Sigma\, n\, S^\circ(Products) - \Sigma\, n\, S^\circ(Reactants)$$

التغيير في الطاقة الحرة عند ثبوت درجة الحرارة $\Delta G = \Delta H - T\,\Delta S$

التغيير في الطاقة الحرة القياسية للتفاعل

$$\Delta G_r^\circ = \Sigma\, n\, \Delta G_f^\circ\,(Products) - \Sigma\, n\, \Delta G_f^\circ\,(Reactants)$$

علاقة تروتن

$$\Delta S_{vap} = 85\, J/K.mol = \frac{\Delta H_{vap}}{T_b}$$

حلول تمرينات واسئلة الفصل الثالث

تمرين 3 - 1

تغييرت درجة حرارة قطعة من المغنيسيوم كتلتها 10 g من $25\ ^\circ C$ الى $45\ ^\circ C$ مع اكتساب حرارة مقدارها 205 J. احسب الحرارة النوعية لقطعة المغنيسيوم.

الحـــل

نجد التغيير في درجة الحرارة

$$\Delta T = (T_f - T_i)\ ^\circ C = (45-25)\ ^\circ C = 20^\circ C$$

نجد الحرارة النوعية لقطعة المغنيسيوم باستخدام العلاقة الآتية:

$$q(J) = \varsigma\ (J/g\,.\,^\circ C) \times m(g) \times \Delta T\ (^\circ C)$$

$$205(J) = \varsigma\ (J/g\,.^\circ C) \times 10(g) \times 20\ (^\circ C)$$

$$\varsigma\ (J/g\,.\,^\circ C) = \frac{205(J)}{10(g) \times 20\ (^\circ C)} = 1.03\ (J/g\,.\,^\circ C)$$

تمرين 3 - 2

اذا تم حرق 3 g من مركب الهيدرازين (N_2H_4) (كتلته المولية تساوي 32 g/mole) في مسعر مفتوح يحتوي على 1000 g من الماء (الحرارة النوعية للماء 4.2 J/g. °C) فإن درجة الحرارة ترتفع من 24.6 °C الى 28.2 °C. احسب الحرارة المتحررة نتيجة الاحتراق والانثالبي لاحتراق 1 mole من الهيدرازين بوحـــدة kJ/mol على افتراض ان السعة الحرارية للمسعر مهملة.

الحـــل

نجد التغيير في درجات الحرارة

$$\Delta T = (T_f - T_i)^\circ C = (28.2 - 24.6)^\circ C = 3.6^\circ C$$

نجد كمية الحرارة باسخدام العلاقة الآتيةلان السعة الحرارية للمسعر مهملة .

$$q\,(J) = S\,(J/g\,.\,^\circ C) \times m\,(g) \times \Delta T(^\circ C)$$

$$q\,(J) = 4.2\,(J/g\,.\,^\circ C) \times 1000\,(g) \times 3.6\,(^\circ C) = 15120\ J$$

ولكون الحرارة متحررة فأن تلك الكمية من الحرارة تكون سالبة اي تساوي (-15120 J)

نحسب عدد مولات الهيدرازين .

$$n\,(mol) = \frac{m\,(g)}{M\,(g/\,mol)} = \frac{3\,(\cancel{g})}{32(\cancel{g}/\,mol)} = 0.094\ mol$$

لذا فالحرارة المتحررة من احتراق 1 mole من الهيدرازين تساوي:

$$q = \frac{-15120\ J}{0.094\ mol} = -160851\ J/\,mol$$

وطالما ان تلك الحرارة تم قياسها في المسعر المفتوح تحت تاثير الضغط الجوي اي بثبوت الضغط فمعنى انها تمثل انثالبي التفاعل اي :

$$\Delta H = q_p = -160851\ J/\,mol$$

والوحدة J/ mol هي وحدة الانثالبي. ولايجادها بوحدة kJ تحول وحدة J الى kJ وحسب الاتي:

$$\Delta H\,(kJ/mol) = \Delta H\,(J/\ mol) \times \frac{1\,(kJ)}{1000\,(J)}$$

$$\Delta H\,(kJ/mol) = -\,160851\,(\cancel{J}/\ mol) \times \frac{1\,(kJ)}{1000\,(\cancel{J})}$$

$$= -\,161\ kJ/mol$$

لذا فكمية الحرارة اي انثالبي احتراق مول واحد من الهيدرازين تساوي $-\,161\ kJ/mol$.

السؤال 3 – 10

قطعة من النحاس كتلتها 6 g، سخنت من $21\,^{\circ}C$ الى $124\,^{\circ}C$. احسب كمية الحرارة بوحدات الكيلوجول (kJ). اذا علمت ان الحرارة النوعية للنحاس $(0.39\ J/g.\,^{\circ}C)$

الحـــل

نجد التغيير في درجة الحرارة

$$\Delta T = (T_f - T_i)\,^{\circ}C = (\,124 - 21\,)\,^{\circ}C = 103\,^{\circ}C$$

نستخدم العلاقة الآتية لحساب كمية الحرارة

$$q(J) = \varsigma\ (J/g\,.\,^{\circ}C) \times m(g) \times \Delta T\ (^{\circ}C)$$

$$q(J) = 0.39\ (J/\cancel{g}\,.\,\cancel{^{\circ}C}) \times 6\ (\cancel{g}) \times 103\ (\cancel{^{\circ}C}) = 241\ J$$

ولتحويل الوحدة من J الى KJ

$$q(kJ) = q(J) \times \frac{1(kJ)}{1000\ (J)}$$

$$q(kJ) = 241(\cancel{J}) \times \frac{1(kJ)}{1000\ (\cancel{J})} = 0.241\ kJ$$

السؤال 3 – 9

قطعة من الفضة كتلتها 360 g وسعتها الحرارية $(86\ J/°C)$ احسب حرارتها النوعية.

الحل

ترتبط الحرارة النوعية ς بالسعة الحرارية C بالعلاقة الاتية

$$C\,(J/°C) = ς\,(J/g.°C) \times m\,(g)$$

ومن تلك المعادلة نحصل على الحرارة النوعية

$$ς\,(J/g.°C) = \frac{C\,(J/°C)}{m\,(g)} = \frac{86\,(J/°C)}{360\,(g)} = 0.24\ J/g.°C$$

السؤال 3 – 11

احسب كميـــة الحرارة المنبعثة بوحــدات (kJ) من 350 g زئبق عنــد تبريدها من 77°C الى 12°C. اذا علمت ان الحرارة النوعية للزئبق $(0.14\ J/g.°C)$.

الحل

نجد التغيير في درجة الحرارة

$$\Delta T = (T_f - T_i)\ °C = (12 - 77)\ °C = -65\ °C$$

نستخدم العلاقة الآتيةلحساب كمية الحرارة

$$q(J) = ς\ (J/g\,.\,°C) \times m(g) \times \Delta T\ (°C)$$

$$q(J) = 0.4\ (J/\cancel{g}\,.\,\cancel{°C}) \times 350\ (\cancel{g}) \times (-65)\ (\cancel{°C}) = -3185\ J$$

ولتحويل الوحدة من J الى KJ

$$q(kJ) = q(J) \times \frac{1(kJ)}{1000\ (J)}$$

$$q(kJ) = -3185\ (\cancel{J}) \times \frac{1(kJ)}{1000\ (\cancel{J})}$$

$$= -\ 3.2\ kJ$$

اشارة الحرارة المنبعثة سالبة

السؤال 3 - 12

اذا تم رفع درجة حرارة 34 g من الايثانول من $25\,^{\circ}C$ الى $79\,^{\circ}C$. احسب كمية الحرارة المتصة بوساطة الايثانول اذا علمت ان الحرارة النوعية للايثانول ($2.44\ J/g.\,^{\circ}C$).

الحـــل

نجد التغيير في درجة الحرارة

$$\Delta T = (T_f - T_i)\ ^{\circ}C = (79 - 25)\ ^{\circ}C = 54\ ^{\circ}C$$

نستخدم العلاقة الآتية لحساب كمية الحرارة

$$q(J) = \varsigma\ (J/g\cdot{}^{\circ}C) \times m(g) \times \Delta T\ (^{\circ}C)$$

$$q(J) = 2.44\ (J/\cancel{g}\cdot\cancel{^{\circ}C}) \times 34\ (\cancel{g}) \times 54\ (\cancel{^{\circ}C}) = 4479.8\ J$$

اشارة الحرارة المتصة موجبة .

السؤال 3 - 13

سخنت عينة من مادة مجهولة كتلتها 155 g من درجة حرارة $25\,^{\circ}C$ الى $40\,^{\circ}C$، ما ادى الى امتصاص حرارة مقدارها 5700 J. احسب الحرارة النوعية لتلك المادة.

الحـــل

نجد التغيير في درجة الحرارة

$$\Delta T = (T_f - T_i)\ ^{\circ}C = (40 - 25)\ ^{\circ}C = 15\ ^{\circ}C$$

وباستخدام العلاقة الآتية لحساب كمية الحرارة

$$q(J) = \varsigma\ (J/g\cdot{}^{\circ}C) \times m(g) \times \Delta T\ (^{\circ}C)$$

ومن تلك المعادلة تساوي الحرارة النوعية الى الاتي :

$$\varsigma\ (J/g.\,^{\circ}C) = \frac{q(J)}{m(g) \times \Delta T\ (^{\circ}C)}$$

$$= \frac{5700(J)}{155(g) \times 15(^{\circ}C)} = 2.45\ J/g.\,^{\circ}C$$

السؤال 3 – 14

من الحرارة عند تسخينها، فإذا علمت ان الحرارة من J حبيبات ذهب امتصت 276 g 4.5 الابتدائية كانت $25^{\circ}C$. احسب درجة الحرارة النهائية التي سُخنت اليها، اذا علمت ان الحرارة النوعية للذهب $0.13\ J/g.^{\circ}C$.

الحل

نجد الفرق في درجات الحرارة ΔT من العلاقة الاتية :

$$q(J) = c\ (J/g\cdot{}^{\circ}C) \times m(g) \times \Delta T\ ({}^{\circ}C)$$

$$\Delta T\ ({}^{\circ}C) = \frac{q(J)}{c\ (J/g\cdot{}^{\circ}C) \times m(g)} = \frac{276(J)}{0.13\ (J/g\cdot{}^{\circ}C) \times 4.5(g)}$$

$$= 471.8^{\circ}C$$

والفرق في درجات الحرارة يساوي

$$471.8^{\circ}C = (T_f - 25)\ {}^{\circ}C$$

$$T_f = 496.8\ {}^{\circ}C$$

السؤال 3 – 16

عند حدوث تفاعل كيميائي في مسعر سعته الحرارية الكلية تساوي$2.4\ kJ/{}^{\circ}C$ فإن درجة حرارة المسعر ترتفع بمقدار $0.12\ {}^{\circ}C$، احسب التغيير في الانثالبي لذلك التفاعل.

الحل

الحرارة المقاسة في المسعر الحراري q_p تساوي الى التغيير الانثالبي

$$\Delta Hr = q_p = {}_c(J/{}^{\circ}C) \times \Delta T\ ({}^{\circ}C)$$

$$\Delta Hr = 2.4 = (KJ/{}^{\circ}C) \times 0.12({}^{\circ}C)$$

$$\Delta Hr = 0.288KJ$$

السؤال 3 – 17

اذا تم حرق عينة كتلتها 1.5 g من حامض الخليك CH_3COOH (الكتلة المولية للحامض $= 60\ g/mol$) بوجود كمية وافية من الاوكسجين، وكان المسعر يحتوي على 750 g من الماء (الحرارة النوعية للماء $4.2\ J/g.\,^\circ C$).

فإذا ارتفعت درجة حرارة المسعر ومحتوياته من $24^\circ C$ الى $28^\circ C$، احسب كمية الحرارة التي يمكن ان تنبعث نتيجة احتراق مول واحد من الحامض، على فرض ان السعة الحرارية للمسعر مهملة.

الحل

التغيير في درجات الحرارة

$$\Delta T\,(^\circ C) = (T_F - T_J)\,^\circ C = (28 - 24)^\circ C = 4^\circ C$$

ويمكن ايجاد كمية الحرارة باستخدام العلاقة الآتية لان السعة الحرارية للمسعر مهملة

$$q(J) = \varsigma\,(J/g\cdot{}^\circ C) \times m(g) \times \Delta T\,(^\circ C)$$

$$q(J) = 4.2(J/g.c^\circ) \times 750(g) \times 4(c^\circ)$$

$$q(J) = 12600J$$

وبما ان تلك الحرارة منبعثة فا اشارتها سالبة اي $(-12600J)$ ولكوننا نحتاج حساب الحرارة المنبعثة من احتراق 1mole لذا يجب ان نجد عدد المولات:

$$n\ (mol) = \frac{m\,(g)}{M\,(g/mol)} = \frac{1.5\,(g)}{60\,(g/mol)} = 0.025\ \ mol$$

لذا فالحرارة المنبعثة (الانثالبي) من احتراق 1mole من حامض الخليك تساوي

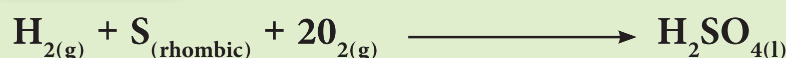
$$q(J/mol) = \frac{q(J)}{n(mol)} = \frac{-12600(J)}{0.025(mol)}$$

$$q(J/mol) = -504000J/mol$$

تمرين 3 - 3

اذا علمت ان حرارة التكوين القياســـــية لحامض الكبريتيك $\Delta H_f^\circ (H_2SO_4)$ تســـــاوي $(-811\ kJ/mol)$.اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل بحيث تكون ΔH_r° مساوية الى $\Delta H_f^\circ (H_2SO_4)$.

الحـــــل

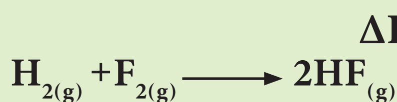


$$H_{2(g)} + S_{(rhombic)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow H_2SO_{4(l)}$$

$$\Delta H_f^\circ(H_2SO_4) = -811\ kJ/mol$$

تمرين 3 - 4

احسب انثالبي التفاعل القياسية ΔH_r° للتفاعل التالي اذا علمت ان انثالبي التكوين القياسية لفلوريد الهيدروجين (HF) تساوي $\Delta H_f^\circ (HF) = -271\ kJ/mol$



$$H_{2(g)} + F_{2(g)} \longrightarrow 2HF_{(g)}$$

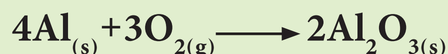
الحـــــل

ان انثالبي التكوين القياسية $(-271\ kJ/mol)$ هي الحرارة المنبعثة من تكوين مول واحد من (HF) ولكون المعادلة اعلاه تشمل تكوين 2 مول من (HF) لذا يجب ضرب قيمة $\Delta H_f^\circ (HF)$ في 2 لنحصل على قيمة ΔH_r° لهذا التفاعل.

$$\Delta H_r^\circ = 2\ mol \times \Delta H_f^\circ (HF) = 2\ mol \times -271\ kJ/mol = -542\ kJ$$

تمرين 3 – 5

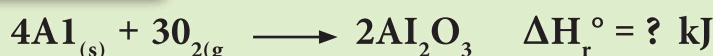
احسب انثالبي التفاعل القياسية للتفاعل الاتي:



$4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_{3(s)}$ $\quad \Delta H_r^\circ = ?\ kJ$

اذا علمت ان حرارة التكوين القياسية لاوكسيد الالمنيوم $\Delta H_f^\circ (Al_2O_3) = -1670 kJ/mol$

الحل



$4A1_{(s)} + 30_{2(g} \longrightarrow 2AI_2O_3 \quad \Delta H_r^\circ = ?\ kJ$

طالما ان أنثالبي التكوين القياسية لاوكسيد الالمنيوم تساوي

$\Delta H_f^\circ (Al_2\ O_3) = -1670\ kJ/mol$

وطالما ان التفاعل اعلاه يشمل تكوين 2 mole من Al_2O_3 وقيمة -1670 kJ/mol تمثل تكوين 1mole من Al_2O_3 لذا يجب ضرب حرارة التكوين القياسية × 2 لايجاد قيمة ΔH_r° أي ان

$\Delta H_r^\circ = 2 \times \Delta H_f (Al_2O_3) = 2 \times (-1670\ kJ/mol) = -3340\ kJ$

تمرين 3 – 6

اكتبت تفاعل احتـــراق غاز البروبان (C_3H_8) اذا علمت ان $\Delta H_c^\circ (C_3H_8) = -2219 kJ/mol$.

الحل

حرارة الاحتراق تمثل حرق مول واحد من اي مركب حرقاً تاماً مع الاوكسجين واذا كان المركب عضوي كما في حالة البروبان C_3H_8 فالناتج هو غاز CO_2 والماء السائل H_2O



$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

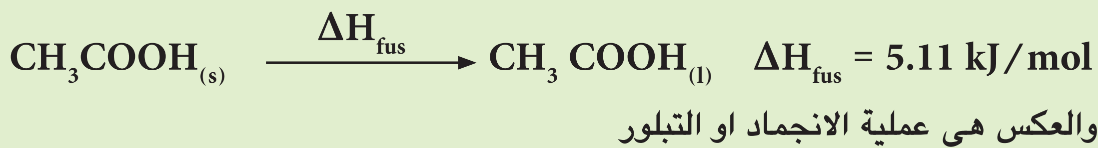
$\Delta H_c^\circ (C_3H_8) = -2219 kJ/mol$

تمرين 3 – 7

اذا علمت ان انثالبي الانصهار لحامض الخليك (CH_3COOH) الثلجي $5.11\ kJ/mol$.
احسب انثالبي الانجماد لهذا الحامض.

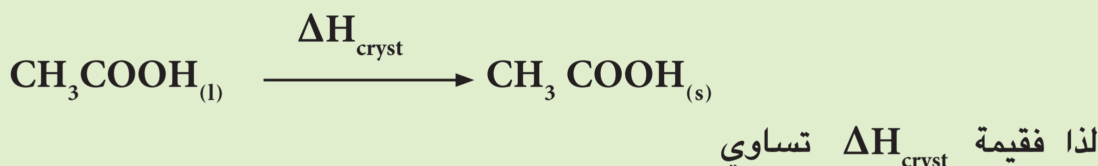
الحـــل

معادلة الانصهار لحامض الخليك تكتب على الصورة الاتية



$$CH_3COOH_{(s)} \xrightarrow{\Delta H_{fus}} CH_3COOH_{(l)} \qquad \Delta H_{fus} = 5.11\ kJ/mol$$

والعكس هي عملية الانجماد او التبلور



$$CH_3COOH_{(l)} \xrightarrow{\Delta H_{cryst}} CH_3COOH_{(s)}$$

لذا فقيمة ΔH_{cryst} تساوي

$$\Delta H_{cryst} = -\Delta H_{fus} = -5.11\ kJ/mol$$

السؤال 3 – 15

ماذا تعني المعادلات الكيميائية الحرارية الاتية:



$$(1)\quad 2CH_3OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_r^\circ = -1453\ kJ$$



$$(2)\quad 4NH_{3(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 4NO_{(g)} + 6H_2O_{(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = -904\ kJ$$



$$(3)\quad H_{2(g)} + S_{(rhomloic)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow H_2SO_{4(l)} \qquad \Delta H_r^\circ = -811\ kJ$$

الحـــل

1. تم حرق 2mole من الميثانول CH_3OH السائل مع كمية وافية من الاوكسجين الغاز فنتج 4mole من الماء السائل و 2mole من غاز CO_2 وتحررت حرارة مقدارهــــــا $1453\ kJ$.

2. تم حرق 4mole من غاز الامونيا مع كمية وافية من غاز الاوكسجين فنتج 4mole من غاز NOو 6mole من بخار الماء. وانبعثت حرارة مقدارها 904KJ.

3. تم تفاعل 1mole من غاز H_2 مع 1mole من الكبريت المعيني و 2mole من غاز O_2 لينتج 1mole من حامض الكبريتيك السائل مع انبعاث حرارة مقدارها 811KJ لكل 1mole من H_2SO_4 المتكون.

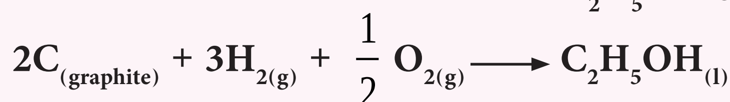
السؤال 3 - 19

عرف انثالبي التكوين القياسية ΔH_f° واكتب المعادلات الحرارية لتكوين كحول الاثيل (C_2H_5OH) وكاربونات الكالسيوم $(CaCO_3)$. اذا علمت ان ΔH_f° لكل من الكحول والكاربونات تساوي $-278\ kJ/mole$ و $-1207\ kJ/mole$ على التوالي.

الحل

انثالبي التكوين القياسية يرمز لها بالرمز ΔH_p° وتعرف بأنها الحرارة اللازمة لتكوين مول واحد من اي مركب من عناصره الاساس الموجودة بأثبات صورها في الظروف القياسية عند درجة حرارة $25c^\circ$ وضغط 1atm.

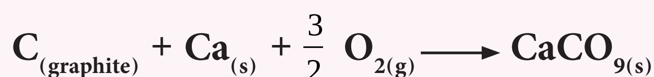
ومعادلة تكوين كحول الاثيل C_2H_5OH



$$2C_{(graphite)} + 3H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow C_2H_5OH_{(l)}$$

$$\Delta H_f^\circ (C_2H_5OH_{(l)}) = -278\ KJ\ /mol$$

معادلة تكوين كاربونات الكالسيوم $CaCO_3$



$$C_{(graphite)} + Ca_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CaCO_{9(s)}$$

$$\Delta H_f^\circ (CaCO_{9(s)}) = -1207\ KJ\ /mol$$

السؤال 3 – 18

ماذا تعني ظروف التفاعل القياسية في الكيمياء الحرارية وما هي اوجه الاختلاف عن الظروف القياسية (STP) التي تستخدم في الغازات.

الحل

الظروف القياسية في الكيمياء الحرارية هي درجة حرارة $25c^{\circ}$ (298K) وضغط 1atm
اما الظروف القياسية (STP) في الغازات فهي درجة حرارة $0c^{\circ}$ (273K) وضغط 1atm.

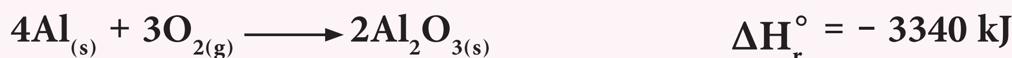
السؤال 3 – 20

احسب التغيير في انثالي التكوين القياسية $\Delta H_f^{\circ}(Al_2O_3)$ والتغيير في انثالبي الاحتراق القياسية $\Delta H_c^{\circ}(Al)$ في التفاعل الآتي :



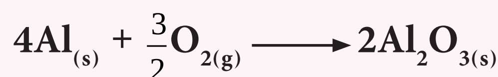
$$4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_{3(s)} \qquad \Delta H_r^{\circ} = -3340\ kJ$$

الحل



$$4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_{3(s)} \qquad \Delta H_r^{\circ} = -3340\ kJ$$

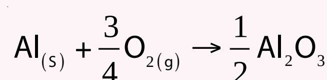
لحساب $\Delta H_f^{\circ}(Al_2O_3)$ من ΔH_r° لابد ان تستذكر تعريف ΔH_f° والتي هي لتكوين 1mole من Al_2O_3 من عناصر بأثبت صورها، لذا لابد ان نقسم التفاعل على 2mole ليتكون 1mole من Al_2O_3



$$4Al_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_{3(s)}$$

$$\Delta H_f^{\circ}(Al_2O_3) = \frac{\Delta H_r^{\circ}(KJ)}{2(mol)} = \frac{3340(KJ)}{2mol} = -1670KJ/mol$$

ولحساب $\Delta H_c^{\circ}(Al)$ من حرارة التفاعل ΔH_r° لابد من ان نستذكر تعريف ΔH_c° والتي هي حرق 1mole من Al مع كمية وافية من الاوكسجين، لذا لابد من اننقسم التفاعل على 4mole لحرق 1mole من Al

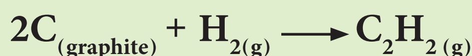


$$Al_{(s)} + \frac{3}{4}O_{2(g)} \rightarrow \frac{1}{2}Al_2O_3$$

$$\Delta H_c^{\circ}(Al) = \frac{\Delta H_c^{\circ}(KJ)}{4(mol)} = \frac{-3340(KJ)}{4(mol)} = -835KJ/mol$$

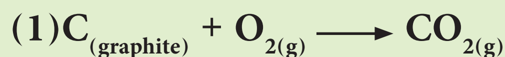
تمرين 3 - 8

احسب انثالبي التكوين القياسية للاستيلين $C_2H_{2\,(g)}$ من عناصره الاساس

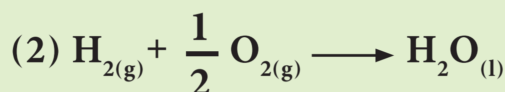


$2C_{(graphite)} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_{2\,(g)}$ $\qquad \Delta H_f^\circ (C_2H_{2(g)}) = ?\ kJ$

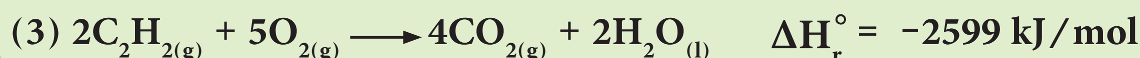
اذا اعطيت المعادلات الحرارية الاتية :



$(1)\ C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\qquad \Delta H_r^\circ = -394\ kJ/mol$



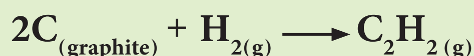
$(2)\ H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$ $\qquad \Delta H_r^\circ = -286\ kJ/mol$



$(3)\ 2C_2H_{2(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$ $\qquad \Delta H_r^\circ = -2599\ kJ/mol$

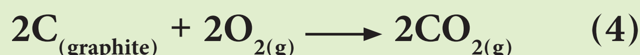
الحـــل

المطلوب حساب انثالبي التكوين القياسية للاستلين $C_2H_{2\,(g)}$



$2C_{(graphite)} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_{2\,(g)}$ $\qquad \Delta H_f^\circ (C_2H_{2(g)}) = ?\ kJ$

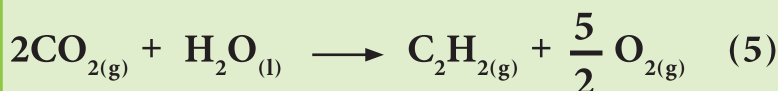
في المعادلة (1) عدد مولات $C_{(graphite)}$ واحد بينما في المعادلة المراد ايجاد $\Delta H_f^\circ (C_2H_{2(g)})$ لها مولان لذا نضرب المعادلة (1) × 2 لتصبح :



$2C_{(graphite)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} \qquad (4)$

$\Delta H_r^\circ = 2 \times (-394\ kJ/mol) = -788\ kJ/mol$

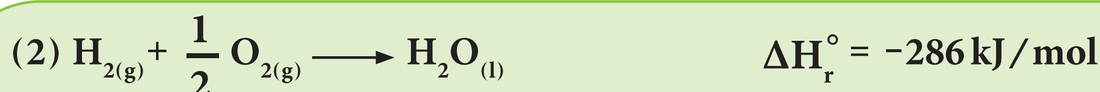
في المعادلة (3) عدد مولات C_2H_2 اثنان وهو في المتفاعلات بينما في المعادلة المراد ايجاد $\Delta H_f^\circ (C_2H_{2(g)})$ لها مول واحد وهو في النواتج لذا نقلب المعادلة (3) ونقسمها على 2



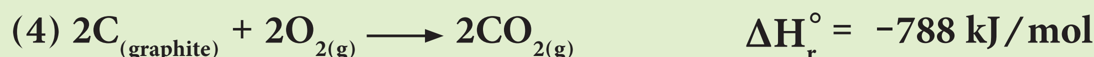
$2CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow C_2H_{2(g)} + \frac{5}{2} O_{2(g)} \qquad (5)$

$\Delta H_r^\circ = (\frac{1}{2}) \times (2599\ kJ/mol) = 1299.5\ kJ/mol$

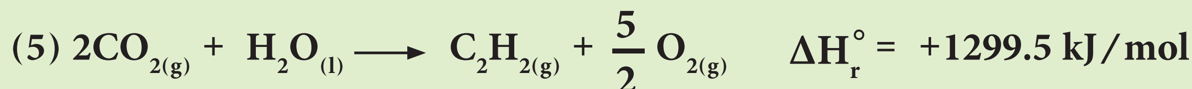
نجمع المعادلات (2) و(4) و(5)



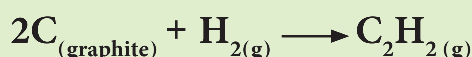
$$(2)\ H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_r^\circ = -286\ kJ/mol$$



$$(4)\ 2C_{(graphite)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = -788\ kJ/mol$$



$$(5)\ 2CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow C_2H_{2(g)} + \frac{5}{2} O_{2(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = +1299.5\ kJ/mol$$



$$2C_{(graphite)} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_{2\,(g)}$$

$$\Delta H_r^\circ = (-286\ kJ/mol) + (-788\ kJ/mol) + (+1299.5\ kJ/mol)$$

$$= +225.5\ kJ/mol$$

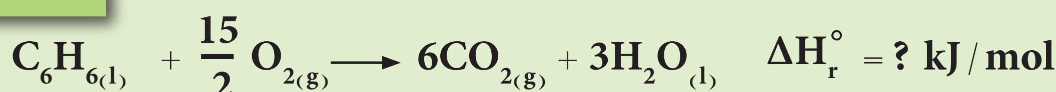
تمرين 3 - 9

يحترق البنزين (C_6H_6) في الهواء ليعطي ثنائي اوكسيد الكاربون الغاز والماء السائل. احسب ΔH_r° لهذا التفاعل اذا علمت ان:

$$\Delta H_f^\circ (C_6H_{6(l)}) = 49\ kJ/mol \qquad \Delta H_f^\circ (CO_{2(g)}) = -394\ kJ/mol$$

$$\Delta H_f^\circ (H_2O_{(l)}) = -286\ kJ/mol$$

الحل



$$C_6H_{6(l)} + \frac{15}{2} O_{2(g)} \longrightarrow 6CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_r^\circ = ?\ kJ/mol$$

تحسب قيمة ΔH_r° لهذا التفاعل باستخدام العلاقة الاتية:

$$\Delta H_r^\circ = \Sigma\, n\, \Delta H_f^\circ (Products) - \Sigma\, n\, \Delta H_f^\circ (Reactants)$$

$$\Delta H_r^\circ = [\, 6 \times \Delta H_f^\circ (CO_{2(g)}) + 3 \times \Delta H_f^\circ (H_2O_{(l)})\,]$$

$$-[\,\Delta H_f\, (C_6H_{6(g)}) + \frac{15}{2} \Delta H_f^\circ (O_{2(g)})\,]$$

$$\Delta H_r^\circ = [\,6 \times (-394\ kJ/mol) + 3 \times (-286\ kJ/mol)\,]$$

$$-[\,(49\ kJ/mol) + \frac{15}{2} (0\ kJ/mol)\,]$$

$$= -3273\ kJ/mol$$

السؤال 3 - 21

اكتب نص قانون هيس وفسر فائدته في الكيمياء الحرارية. من المعادلات الحرارية الآتيةعند درجة حرارة $25°C$ وضغط 1 atm.

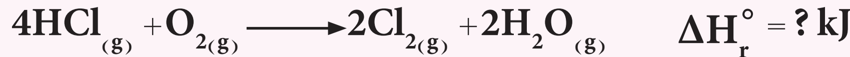


$$(1)\quad H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = -185\ kJ$$



$$(2)\quad 2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = -484\ kJ$$

احسب ΔH_r° للتفاعل الاتي :



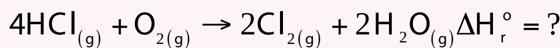
$$4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = ?\ kJ$$

الحـــل

نص قانون هيس (عند تحويل المتفاعلات الى نواتج فأن التغيير في الانثالبي لهذا التفاعل هو نفسه سؤاء تم التفاعل في خطوة واحدة ام في سلسلة من الخطوات)

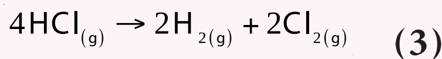
ان فائدة قانون هيس تكمن في امكانية قياس انثالبي التفاعلات التي لايمكن قياسها بشكل مباشر لكون حدوثها غير ممكن لبطئها او لتكون نواتج جانبية.

المطلوب حساب ΔH_r° للتفاعل الاتي



$$4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} \quad \Delta H_r^\circ = ?$$

في تلك المعادلة نلاحظ انه تم حرق 4mole من HCl بينما تم تكوين 2mole من HCl في المعادلة (1) لذا لابد ان نعكس المعادلة (1) ونضربها × 2 .

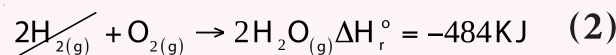


$$4HCl_{(g)} \rightarrow 2H_{2(g)} + 2Cl_{2(g)} \qquad (3)$$

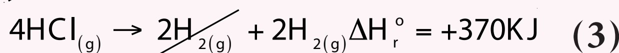
$$\Delta H_r^\circ = 2 \times (+185KJ)$$

$$= 370KJ$$

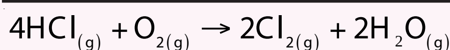
ولكون المعادلة (2) تحتوي على ناتج 2mole من H_2O وهي نفسها الموجودة في المعادلة المراد ايجاد ΔH_r° لها، لذا نجمع المعادلة (3) مع (2):



$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -484KJ \qquad (2)$$



$$4HCl_{(g)} \rightarrow 2H_{2(g)} + 2H_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = +370KJ \qquad (3)$$

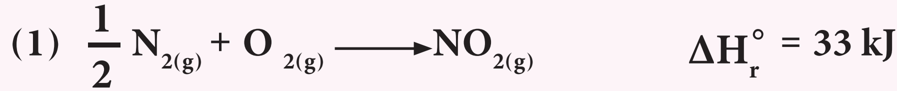


$$4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

$$\Delta H_r^\circ = (-484KJ) + (+370KJ) = -114KJ$$

السؤال 3 - 22

اذا اعطيت المعادلات الحرارية الآتيةعند درجة حرارة $25°C$ وضغط $1\ atm$.



$$(1)\quad \frac{1}{2}N_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow NO_{2(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = 33\ kJ$$



$$(2)\quad N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow N_2O_{4(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = 11\ kJ$$

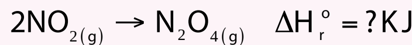
احسب ΔH_r° للتفاعل الاتي:



$$2NO_{2(g)} \longrightarrow N_2O_{4(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = ?\ kJ$$

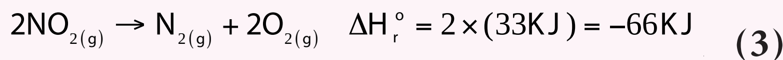
الحـــل

المطلوب حساب ΔH_r° للتفاعل الاتي:



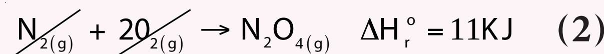
$$2NO_{2(g)} \rightarrow N_2O_{4(g)} \quad \Delta H_r^\circ = ?KJ$$

في تلك المعادلة (1) نلاحظ انه تفاعل 2mole من NO_2 لذا يجب عكس المعادلة (1) وضربها × 2 لتصبح

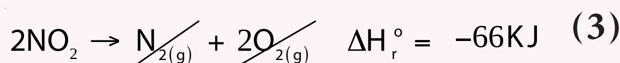


$$2NO_{2(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = 2 \times (33KJ) = -66KJ \qquad (3)$$

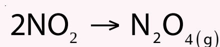
ولكون المعادلة (2) تحتوي على ناتج 1mole من N_2O_4 وهي نفسها في المعادلة المراد ايجاد ΔH_r° لها، لذا نجمع المعادلة (2) مع (3)



$$N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow N_2O_{4(g)} \quad \Delta H_r^\circ = 11KJ \qquad (2)$$



$$2NO_2 \rightarrow N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -66KJ \qquad (3)$$

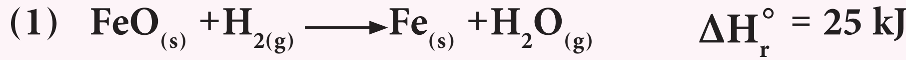


$$2NO_2 \rightarrow N_2O_{4(g)}$$

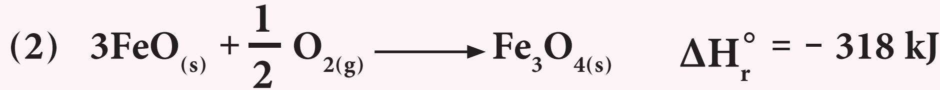
$$\Delta H_r^\circ = (11KJ) + (-66KJ) = -55KJ$$

السؤال 3 – 23

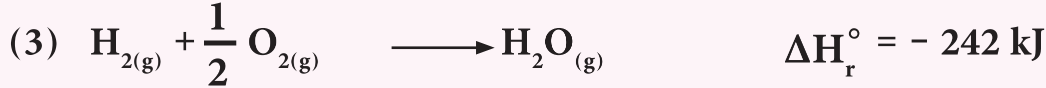
اذا كان لديك المعادلات الحرارية الآتيةعند درجة حرارة $25\,°C$ وضغط 1 atm.



$$(1)\quad FeO_{(s)} + H_{2(g)} \longrightarrow Fe_{(s)} + H_2O_{(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = 25\ kJ$$

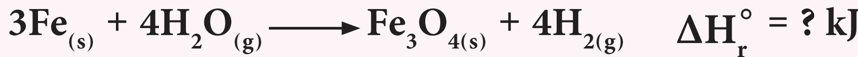


$$(2)\quad 3FeO_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow Fe_3O_{4(s)} \qquad \Delta H_r^\circ = -318\ kJ$$



$$(3)\quad H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = -242\ kJ$$

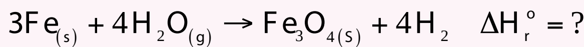
احسب ΔH_r° للتفاعل الاتي :



$$3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(g)} \longrightarrow Fe_3O_{4(s)} + 4H_{2(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = ?\ kJ$$

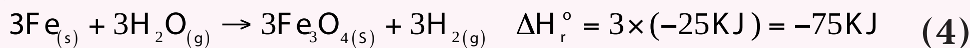
الحــــل

المطلوب حساب ΔH_r° للتفاعل الاتي:



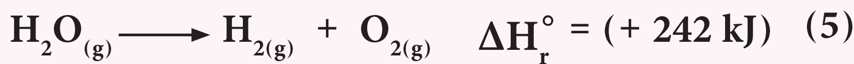
$$3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(g)} \rightarrow Fe_3O_{4(S)} + 4H_2 \qquad \Delta H_r^\circ = ?$$

وفي تلك المعادلة نلاحظ انه تفاعل 3mole من Fe بينما نتج 1mole من Fe في المعادلة (1) لذا يجب عكسها وضرب المعادلة × 3.



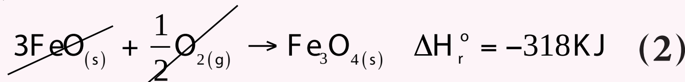
$$3Fe_{(s)} + 3H_2O_{(g)} \rightarrow 3Fe_3O_{4(S)} + 3H_{2(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = 3\times(-25KJ) = -75KJ \qquad (4)$$

كما نلاحظ ان التفاعل المراد ايجاد ΔH_r° له يحتوي على تفاعل 4mole من H_2O بينما يشمل التفاعل (3) على ناتج 1mole من H_2O لذا يجب عكس التفاعل .

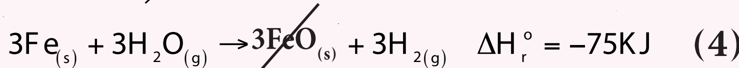


$$H_2O_{(g)} \longrightarrow H_{2(g)} + O_{2(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = (+242\ kJ) \qquad (5)$$

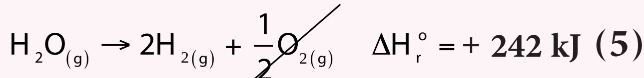
ونجمع المعادلات (2)و(4)و(5)



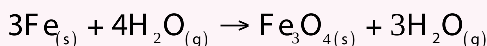
$$3FeO_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow Fe_3O_{4(s)} \qquad \Delta H_r^\circ = -318KJ \qquad (2)$$



$$3Fe_{(s)} + 3H_2O_{(g)} \rightarrow 3FeO_{(s)} + 3H_{2(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = -75KJ \qquad (4)$$



$$H_2O_{(g)} \rightarrow 2H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \qquad \Delta H_r^\circ = +242\ kJ \qquad (5)$$

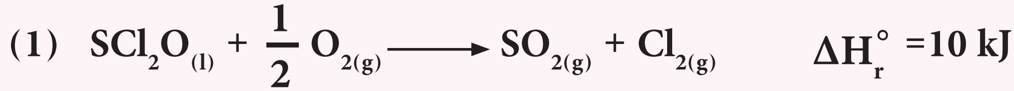


$$3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(g)} \rightarrow Fe_3O_{4(s)} + 3H_2O_{(g)}$$

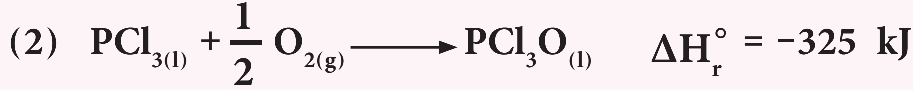
$$\Delta H_r^\circ = (-318KJ) + (-75KJ) + (+242KJ) = -151KJ$$

السؤال 3 – 24

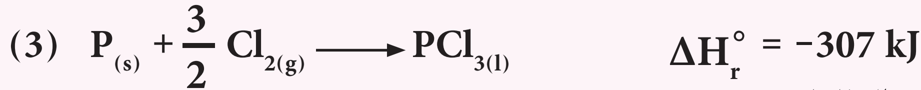
اذا كان لديك المعادلات الحرارية الآتيةعند درجة حرارة $25\,^{\circ}C$ وضغط $1\ atm$.



$$(1)\quad SCl_2O_{(l)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow SO_{2(g)} + Cl_{2(g)} \qquad \Delta H_r^{\circ} = 10\ kJ$$



$$(2)\quad PCl_{3(l)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow PCl_3O_{(l)} \qquad \Delta H_r^{\circ} = -325\ kJ$$



$$(3)\quad P_{(s)} + \frac{3}{2}Cl_{2(g)} \longrightarrow PCl_{3(l)} \qquad \Delta H_r^{\circ} = -307\ kJ$$

احسب ΔH_r° للتفاعل الاتي :



$$2P_{(s)} + 2SO_{2(g)} + 5Cl_{2(g)} \longrightarrow 2SCl_2O_{(l)} + 2PCl_3O_{(l)} \qquad \Delta H_r^{\circ} = ?\ kJ$$

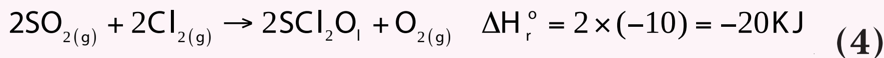
الحــــل

المطلوب حساب ΔH_r° للتفاعل الاتي



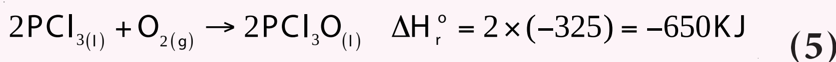
$$2P_{(s)} + 2SO_{2(g)} + 5Cl_{2(g)} \rightarrow 2SCl_2O_{(l)} + 2PCl_3O_{(l)} \quad \Delta H_r^{\circ} = ?$$

في تلك المعادلة نلاحظ تكون 2mole من SCl_2O لذا يجب عكس المعادلة (1) وضربها × 2 لتصبح



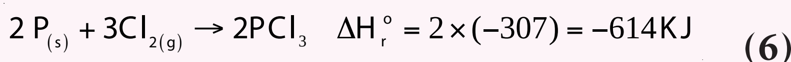
$$2SO_{2(g)} + 2Cl_{2(g)} \rightarrow 2SCl_2O_{l} + O_{2(g)} \quad \Delta H_r^{\circ} = 2\times(-10) = -20KJ \qquad (4)$$

كما نلاحظ ان التفاعل المراد ايجاد ΔH_r° له يحتوي على 2mole ناتج عن PCl_3O بينما التفاعل (2) يحتوي على 1mole ناتج من PCl_3O لذا يجب ضرب المعادلة (2)× 2 لتصبح



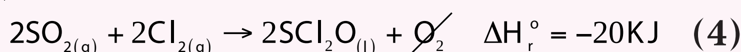
$$2PCl_{3(l)} + O_{2(g)} \rightarrow 2PCl_3O_{(l)} \quad \Delta H_r^{\circ} = 2\times(-325) = -650KJ \qquad (5)$$

ولكن التفاعل المراد ايجاد ΔH_r° له يحتوي على 2mole من P بينما المعادلة (3) تحتوي على 1mole من P لذا يجب ضربها × 2 لتصبح:

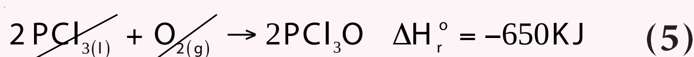


$$2P_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \rightarrow 2PCl_3 \quad \Delta H_r^{\circ} = 2\times(-307) = -614KJ \qquad (6)$$

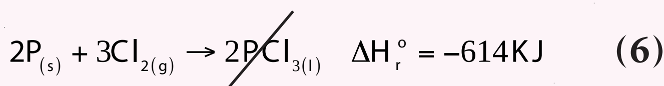
وبجمع المعادلات (4)و(5)و(6)



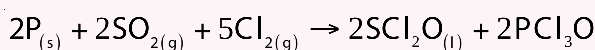
$$2SO_{2(g)} + 2Cl_{2(g)} \rightarrow 2SCl_2O_{(l)} + \cancel{O_2} \quad \Delta H_r^\circ = -20KJ \quad (4)$$



$$2\cancel{PCl_{3(l)}} + \cancel{O_{2(g)}} \rightarrow 2PCl_3O \quad \Delta H_r^\circ = -650KJ \quad (5)$$



$$2P_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \rightarrow 2\cancel{PCl_{3(l)}} \quad \Delta H_r^\circ = -614KJ \quad (6)$$



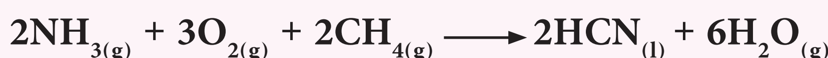
$$2P_{(s)} + 2SO_{2(g)} + 5Cl_{2(g)} \rightarrow 2SCl_2O_{(l)} + 2PCl_3O$$

$$\Delta H_r^\circ = (-20KJ) + (-650KJ) + (-614KJ)$$

$$\Delta H_r^\circ = -1284KJ$$

السؤال 3 - 25

احسب ΔH_r° للتفاعل التالي عند درجة حرارة $25^\circ C$ وضغط 1 atm.



$$2NH_{3(g)} + 3O_{2(g)} + 2CH_{4(g)} \longrightarrow 2HCN_{(l)} + 6H_2O_{(g)}$$

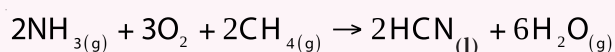
اذا اعطيت المعلومات الاتية:

$\Delta H_f^\circ (CH_4) = -75\ kJ/mol$ و $\Delta H_f^\circ (NH_3) = -80\ kJ/mol$

$\Delta H_f^\circ (H_2O) = -242\ kJ/mol$ و $\Delta H_f^\circ (HCN) = 135\ kJ/mol$

الحل

نحسب ΔH_r° للتفاعل الآتية من قيم ΔH_f°



$$2NH_{3(g)} + 3O_2 + 2CH_{4(g)} \rightarrow 2HCN_{(l)} + 6H_2O_{(g)}$$

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ(\text{porducts}) - \sum n\Delta H_f^\circ(\text{reactauts})$$

$$\Delta H_r^\circ = [2\times\Delta H_f^\circ(HCN) + 6\times\Delta H_f^\circ(H_2O)]$$

$$-[2\times\Delta H_f^\circ(NH_3) + 3\times\Delta H_f^\circ(O_2) + 2\times\Delta H_f^\circ(CH_4)]$$

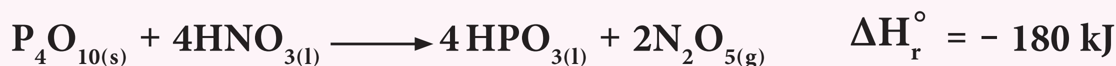
$$\Delta H_r^\circ = [[2\times 135KJ/mol] + 6\times(-242KJ/mol)]$$

$$-[2\times(-80KJ/mol) + 3\times(0KJ/mol) + 2\times(-75KJ/mol)]$$

$$\Delta H_r^\circ = -872KJ/mol$$

السؤال 3 - 26

احسب انثالبي التكوين القياسية للمركب $HPO_{3(s)}$ اذا اعطيت المعلومات الاتية:



$$P_4O_{10(s)} + 4HNO_{3(l)} \longrightarrow 4HPO_{3(l)} + 2N_2O_{5(g)} \qquad \Delta H^\circ_r = -180\ kJ$$

ΔH°_f للمركبات الاتية:

$\Delta H^\circ_f(P_4O_{10}) = -2984\ kJ/mol$ و $\Delta H^\circ_f(HNO_3) = -174\ kJ/mol$

$\Delta H^\circ_f(N_2O_5) = -43\ kJ/mol$

الحل

تحسب حرارة التفاعل ΔH°_r للتفاعل التالي بأستخدام العلاقة الاتية



$$P_4O_{10(s)} + 4HNO_{3(l)} \longrightarrow 4HPO_{3(l)} + 2N_2O_{5(g)}$$

$$\Delta H^\circ_r = \sum n\Delta H^\circ_f(\text{products}) - \sum n\Delta H^\circ_f(\text{reactauts})$$

$$\Delta H_r = [4 \times \Delta H^\circ_r(HPO_3) + 2 \times \Delta H^\circ_r(N_2O_5)] - [\Delta H^\circ_r(P_4O_{10}) + 4 \times \Delta H^\circ_r(HNO_3)]$$

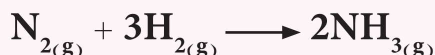
$$\Delta H_r = [4 \times \Delta H^\circ_r(HPO_3) + (2 \times -43\ mole)] - [(-2984\ KJ/mole) + [4 \times (-174KJ/mole)]]$$

$$\Delta H_f(HPO_3) = \frac{[(-180) + (-3594)]\ KJ/mol}{4}$$

$$\Delta H_f(HPO_3) = -943.5\ KJ/mole$$

السؤال 3 - 27

احسب ΔS°_r للتفاعل الاتي عند درجة حرارة $25\,^\circ C$ وضغط $1\ atm$.



$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3(g)}$$

اذا علمت ان:

$S^\circ(N_2) = 192\ J/K.mol$ و $S^\circ(H_2) = 131\ J/K.mol$

$S^\circ(NH_3) = 193\ J/K.mol$

الحل

للتفاعل الاتي



$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$$

يمكن حساب ΔS°_r بالعلاقة الاتية

$$\Delta S^\circ_r = \sum nS^\circ(\text{Products}) - \sum nS^\circ(\text{Reactauts})$$

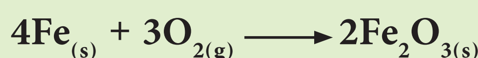
$$\Delta S^\circ_r = [2 \times S^\circ(NH_3)] - [S^\circ(N_2) + 3 \times S^\circ(H_2)]$$

$$\Delta S^\circ_r = [2 \times 193 J / K.mol] - [192 J / K.mol + 3 \times 13 / J / K.mol]$$

$$\Delta S^\circ_r = 199 J / K.mol$$

تمرين 3 - 11

احسب التغيير في الانتروبي المطلقة ΔS°_r للتفاعل التالي عند الظروف القياسية $25\ ^\circ C$ وضغط 1 atm.



$$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Fe_2O_{3(s)}$$

اذا علمت ان

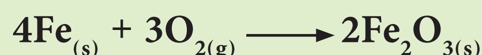
$$\Delta S^\circ_r(Fe_2O_3) = 87\ J/K{\cdot}mol$$

$$\Delta S^\circ_r(O_2) = 205\ J/K{\cdot}mol$$

$$\Delta S^\circ_r(Fe) = 27\ J/K{\cdot}mol$$

الحل

يمكن حساب ΔS°_r للتفاعل التالي باستخدام العلاقة الاتية:



$$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Fe_2O_{3(s)}$$

$$\Delta S^\circ_r = \Sigma\, n\, S^\circ(\text{Products}) - \Sigma\, n\, S^\circ(\text{Reactants})$$

$$\Delta S^\circ_r = [2\, S^\circ(Fe_2O_{3(s)})] - [4S^\circ(Fe_{(s)}) + 3\, S^\circ(O_2)]$$

$$\Delta S^\circ_r = [2 \times 87]\ J/K.mol - [4 \times 27 + 3 \times 205\ \ J/K.mol$$

$$\Delta S^\circ_r = -549\ J/K.mol$$

تمرين 3 - 10

كيف تتغير انتروبي النظام للعمليات الاتية:

أ) تكثف بخار الماء.

ب) تكون بلورات السكر من محلوله فوق المشبع.

جـ) تسخين غاز H_2 من $20\ ^\circ C$ الى $80\ ^\circ C$.

د) تسامي اليود الصلب.

الحـــل

أ) تحول بخار الماء الى سائل (تكثيف) يقلل من عشوائية النظام اي يؤدي الى نقصان في الانتروبي.

ب) تكون بلورات السكر من محلوله فوق المشبع يقلل من عشوائية النظام اي يؤدي الى نقصان في الانتروبي.

ج) يزيد تسخين غاز H_2 من $20\ ^\circ C$ الى $80\ ^\circ C$ عشوائية النظام مما يؤدي الى زيادة في الانتروبي.

د) تسامي اليود الصلب اي تحوله من الطور الصلب الى الطور الغازي يزيد من عشوائية النظام وبالتالي يزيد من الانتروبي.

السؤال 3 - 28

ماذا نعني بالعملية التلقائية. وضح ذلك ثم اعط مثالين لكل من العمليات التلقائية وغير التلقائية.

الحـــل

العملية التلقائية: اي عملية فيزيائية او كيميائية يمكن ان تحدث من تلقاء نفسها عند ظروف معينة دون تأثير من اي عامل خارجي ومن امثلة العمليات التلقائية سقوط الماء من اعلى الشلال وذوبان قطعة السكر وعكس تلك العمليات اي صعود الماء الى اعلى الشلال وتجمع السكر الى شكله الابتدائي هي عمليات غير تلقائية.

السؤال 3 - 29

اي من العمليات الآتيةتلقائية وايها غير تلقائية :

أ) ذوبان ملح الطعام في الماء.

ب) تسلق قمة إيفرست.

جـ) انتشار رائحة العطر في الغرفة بعد رفع غطاء قنينة العطر.

د) فصل الهيليوم والنيون من مزيج من الغازات.

الحــــل

أ) عملية تلقائية

ب) عملية غير تلقائية

جـ) عملية تلقائية

د) عملية غير تلقائية

السؤال 3 - 31

كيف يتغير انتروبي النظام (تزداد ام تقل) في كل مما يلي من العمليات:

أ) ذوبان مادة صلبة في مذيب.

ب) تجمد سائل

جـ) تحول بخار الى صلب.

د) تكثف بخار الى سائل.

هـ) تسامي مادة صلبة .

و) ذوبان اليوريا في الماء .

الحــــل

أ) تنتشر جزيئات المادة الصلبة في المذيب مما يؤدي الى زيادة العشوائية لذا تزداد انتروبي هذا النظام.

ب) تجمد سائل هي تحول السائل الى صلب اكثر انتظاماً لذا تقل الانتروبي لزيادة الانتظام.

جـ) تحول البخار الى صلب اي زيادة الانتظام في النظام مما يؤدي الى نقصان الانتروبي.

د) تحول البخار الى سائل اي زيادة الانتظام في النظام مما يؤدي الى نقصان الانتروبي.

هـ) التسامي هو تحول المادة من الطور الصلب الى الطور الغازي دون المرور بالحالة السائلة لذا فالعملية يصاحبها ازدياد اللانتظام اي زيادة في الانتروبي.

و) تنتشر جزيئات اليوريا الصلبة في الماء مما يؤدي الى الزيادة العشوائية اي تزداد الانتروبي.

السؤال 3 – 32

احسب ΔS°_{r} للتفاعل التالي عند درجة حرارة $25^{\circ}C$ وضغط $1\ atm$.



$$SiH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow SiO_{2(s)} + 2H_2O_{(l)}$$

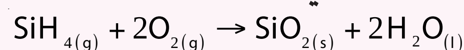
اذا اعطيت المعلومات الاتية :

$S^{\circ}(SiH_4) = 205\ J/K.mol$ و $S^{\circ}(O_2) = 206\ J/K.mol$

$S^{\circ}(SiO_2) = 42\ J/K.mol$ و $S^{\circ}(H_2O) = 70\ J/K.mol$

الحـــل

للتفاعل الاتي



$$SiH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow SiO_{2(s)} + 2H_2O_{(l)}$$

يمكن حساب ΔS°_{r} لهذا التفاعل بأستخدام العلاقة الاتية:

$$\Delta S^{\circ}_{r} = \sum nS^{\circ}(Products) - \sum nS^{\circ}(Reactauts)$$

$$\Delta S^{\circ}_{r} = [S^{\circ}(SiO_2) + 2 \times S^{\circ}(H_2O)] - [S^{\circ}(SiH_4) + 2S^{\circ}(O_2)]$$

$$\Delta S^{\circ}_{r} = [42J\ /\ K.mol + 2 \times 70J\ /\ K.mol] - [205J\ /\ K.mol + 2 \times 206J\ /\ K.mol]$$

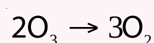
$$\Delta S^{\circ}_{r} = -435J\ /\ K.mol$$

السؤال 3 – 33

اذا علمت ان قيمة ΔS°_{r} للتفاعل التالي تساوي $137\ J/K.mol$ عند درجة حرارة $25^{\circ}C$ وضغط $1\ atm$ ، وان قيم $S^{\circ}(O_2) = 206\ J/K.mol$ ، فما قيمة S° للاوزون O_3

$$2O_{3(g)} \longrightarrow 3O_{2(g)}$$

الحـــل



$$2O_3 \rightarrow 3O_2$$

$$\Delta S^{\circ}_{r} = \sum nS^{\circ}(Products) - \sum nS^{\circ}(Reactauts)$$

$$\Delta S^{\circ}_{r} = [3 \times S^{\circ}(O_2)] - [2 \times S^{\circ}(O_3)]$$

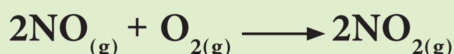
$$137J\ /\ K.mol = [3 \times 206J\ /\ K.mol] - [2 \times S^{\circ}(O_3)]$$

$$S^{\circ}(O_3) = \frac{(618 - 137)J\ /\ K.mol}{2}$$

$$S^{\circ}(O_3) = 240.5J\ /\ K.mol$$

تمرين 3 - 12

جد قيمة ΔG°_r للتفاعل التالي عند الظروف القياسية $25\,^\circ C$ وضغط 1 atm. وبين هل التفاعل يحدث تلقائياً ام لا يحدث؟



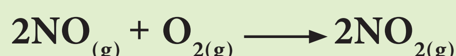
اذا علمت ان

$\Delta G^\circ_f\,(NO) = 87\ kJ/mol$

$\Delta G^\circ_f\,(NO_2) = 52\ kJ/mol$

الحـــل

نجد قيمة ΔG°_r للتفاعل التالي باستخدام العلاقة الاتية:



$$\Delta G^\circ_r = \Sigma\, n\, \Delta G^\circ_f\,(Products) - \Sigma\, n\, \Delta G^\circ_f\,(Reactants)$$

$$\Delta G^\circ_r = [2\,\Delta G^\circ_f\,(NO_{2(g)})] - [2\,\Delta G^\circ_f\,(NO_{(g)}) + \Delta G^\circ_f\,(O_2)]$$

$$\Delta G^\circ_r = [2 \times (52\ kJ/mol)] - [2 \times 87\ kJ/mol + 0] = -70\ kJ/mol$$

وبما ان القيمة سالبة فالتفاعل يجري بشكل تلقائي

تمرين 3 - 13

احسب ΔG°_r للتفاعل التالي عند الظروف القياسية $25\,^\circ C$ وضغط 1 atm.



حيث تم حساب ΔH°_r للتفاعل من قيم انثالبي التكوين القياسية وكانت تساوي $\Delta H^\circ_r = -3536\ kJ/mol$.

وكذلك تم حساب ΔS°_r وكانت تساوي $\Delta S^\circ_r = 374\ J/K.mol$.

الحـــل

نحول درجة الحرارة من وحدة $^\circ C$ الى وحدة الكلفن K.

$$T(K) = t(\Delta C) + 273 = 25 + 273 = 298\ K$$

لابد من ان نهتم هنا في هذا النوع من الاسئلة بوحدات ΔH_r° و ΔS_r° التي يجب ان تكون هي نفسها. لذا لابد من ان نحول وحدة J/K.mol للانتروبي الى وحدات kJ/K.mol لتتوافق مع وحدات ΔH_r°.

$$\Delta S_r^\circ \,(kJ/K.mol) = \Delta S_r^\circ \,(J/K.mol) \times \frac{1\,(kJ)}{1000\,(J)}$$

$$\Delta S_r^\circ \,(kJ/K.mol) = 374\,(J/K.mol) \times \frac{1\,(kJ)}{1000\,(J)}$$

$$= 0.374\ kJ/K.mol$$

وبإستخدام علاقة كبس

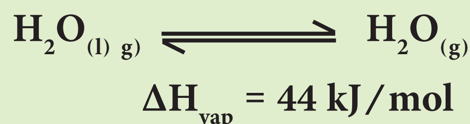
$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\,\Delta S_r^\circ$$

$$\Delta G_r^\circ = -\,3536\ kJ/mol - 298\ K \times 0.374\ kJ/K.mol$$

$$= -\,3647.45\ kJ/mol$$

تمرين 3 - 15

احسب التغيير في الانتروبي للتحول الاتي :



$$H_2O_{(l)\ g)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$$

$$\Delta H_{vap} = 44\ kJ/mol$$

عند درجة غليان الماء 100°C.

الحـــل

نحول درجة الحرارة من وحدة °C الى K

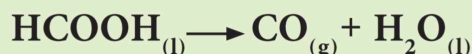
$$T(K) = t^\circ C + 273 = 100 + 273 = 373\ K$$

ثم نحسب ΔS_{vap}

$$\Delta S_{vap} = \frac{\Delta H_{vap}}{T_b} = \frac{44\ kJ/mol}{373\ K} = 0.118\ kJ/\ K.mol$$

تمرين 3 – 14

اذا كان لدينا التفاعل الاتي:



فاذا كانـت قيمة ΔH_r° للتفاعل تساوي 16 kJ/mol والتغيير في الانتروبي ΔS_r° يسـاوي 234 J/K.mol. احسب قيمة التغيير في الطاقة الحرة القياسية للتفاعل عند الظروف القياسية 25°C وضغط 1 atm. وهل التفاعل تلقائي ام لا؟

الحـــل

تحسب قيمة ΔG_r° باستخدام علاقة كبس

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\,\Delta S_r^\circ$$

ينبغي الاهتمام في هذا النوع من الاسئلة بتوحيد وحدات ΔH_r° مع وحدات ΔS_r° لذا يجب تحويل وحدات ΔS_r° من وحدة J الى KJ

$$\Delta S_r^\circ\,(kJ/K.mol) = \Delta S_r^\circ\,(J/K.mol) \times \frac{1\,(kJ)}{1000\,(J)}$$

$$\Delta S_r^\circ\,(kJ/K.mol) = 234\,(J/K.mol) \times \frac{1\,(kJ)}{1000\,(J)}$$

$$= 0.234\ kJ/K.mol$$

نحول درجة الحرارة من وحدة °C الى K

$$T(K) = t\,^\circ C + 273 = 25 + 273 = 298\ K$$

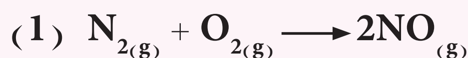
$$\Delta G_r^\circ = 16\,(kJ/\,mol) - (298\ K) \times (0.234\ kJ/\,mol)$$

$$= -53.7\ kJ/\,mol$$

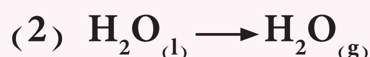
التفاعل تلقائي لان قيمة ΔG_r° سالبة.

السؤال 3 – 35

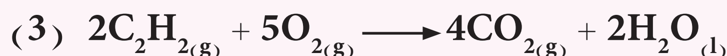
احسب ΔG°_r للتفاعلات الآتيةعند درجة حرارة $25^\circ C$ وضغط 1 atm .



(1) $N_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{(g)}$



(2) $H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(g)}$



(3) $2C_2H_{2(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$

وتنبأ بتلقائية التفاعل من عدمه . اذا علمت ان :

$\Delta G^\circ_f\ (NO) = 87\ kJ/mol$ و $\Delta G^\circ_f\ (H_2O_{(g)}) = -229\ kJ/mol$

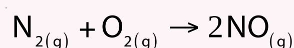
$\Delta G^\circ_f\ (H_2O_{(l)}) = -237\ kJ/mol$ و $\Delta G^\circ_f\ (C_2H_{2(g)}) = 209\ kJ/mol$

$\Delta G^\circ_f\ (CO_2) = -394\ kJ/mol$

الحـــل

يتم حساب ΔG°_r للتفاعلات بأستخدام العلاقة الاتية:

$$\Delta G^\circ_r = \sum n\Delta G^\circ_f(\text{Products}) - \sum n\Delta G^\circ_f(\text{Reactauts})$$



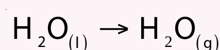
$$N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{(g)}$$

$$\Delta G^\circ_r = [2\times\Delta G^\circ_f(NO)] - [\Delta G^\circ_f(N_2) + \Delta G^\circ_f(O_2)]$$

$$= [2\times 87KJ/mol] - [oKJ/mol + 0KJ/mol]$$

$$\Delta G^\circ_r = 174KJ/mol$$

التفاعل غير تلقائي لأن قيمة ΔG°_r موجبة التفاعل (2)

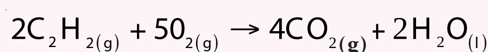


$$H_2O_{(l)} \rightarrow H_2O_{(g)}$$

$$\Delta G^\circ_r = [\Delta G^\circ_f(H_2O_{(g)})] - [\Delta G^\circ_f(H_2O_{(l)})]$$

$$= [-229\ kJ/mol] - [-237\ kJ/mol] = 8\ kJ/mol$$

التفاعل غير تلقائي لأن قيمة ΔG°_r موجبة التفاعل (3)



$$2C_2H_{2(g)} + 50_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

$$\Delta G^\circ_r = [4\times\Delta G^\circ_f(CO_2) + 2\times\Delta G^\circ_f(H_2O)] - [2\times\Delta G^\circ_f(C_2H_2) + 5\times\Delta G^\circ_f(O_2)]$$

$$\Delta G^\circ_r = [4\times(-394KJ/mol) + 2\times(-237KJ/mol)] - [2\times 209KJ/mol + 5\times 0KJ/mol]$$

$$\Delta G^\circ_r = -2468\ KJ/mol$$

التفاعل تلقائي لان قيمة ΔG°_r سالبة

السوال 3 – 36

جد درجة الحرارة التي ستصبح عندها التفاعلات الآتيةتلقائية اذا علمت قيم ΔH و ΔS لها .

التفاعل : A $\Delta H = -126\ kJ/mol$ و $\Delta S = -48\ J/K.mol$

التفاعل : B $\Delta H = 12\ kJ/mol$ و $\Delta S = 105\ J/K.mol$

الحل

لايجاد درجة الحرارة التي تكون فيها التفاعلات A وB تلقائية ، نفترض ان قيمة ΔG_r° عند الاتزان تساوي $0KJ/mol$.

$$\Delta G_r = \Delta Hr - T\Delta Sr$$

يجب اولاً توحيد وحدات ΔS_r مع وحدات ΔH_r وذلك بتحويل وحدة ΔS_r من $J/K\cdot mol$ الى $KJ/K\cdot mol$ وعلى النحو الاتي:

$$\Delta S_r(KJ/K.mol) = \Delta S_r(J/K.mol) \times \frac{1(KJ)}{1000(J)}$$

$$\Delta S_r(KJ/K.mol) = -48(J/K.mol) \times \frac{1(KJ)}{1000(J)} = -0.048KJ/K.mol$$

$$\Delta S_r(KJ/K.mol) = 105(J/K.mol) \times \frac{1(KJ)}{1000(J)} = 0.105KJ/K.mol$$

التفاعل A

$$\Delta G_r = 0KJ/mol = (-126KJ/mol) - (T(K) \times 0.048)KJ/K.mol$$

$$T(K) = \frac{+126KJ/mol}{0.048KJ/mol} = 2625K$$

يجب تسخين التفاعل لأكثر من 2625K ليجري تلقائياً

التفاعل B

$$\Delta G_r = 0KJ/mol = 12KJ/mol - (T(K) \times 0.105KJ/K.mol)$$

$$T(K) = \frac{12KJ/mol}{0.105KJ/K.mol} = 114.3K$$

يجب تبريد التفاعل الى اقل من درجة حرارة 114.3K وقيمة c° تكون

$$t(c^\circ) = 114.3 - 273 = -158.7c^0$$

السؤال 3 – 37

من قيم ΔH و ΔS ، تنبأ بأي التفاعلين الآتيين يكون التفاعل تلقائياً عند درجة حرارة $25°C$ وضغط $1\ atm$.

التفاعل : A $\Delta H = 11\ kJ/mol$ و $\Delta S = 30\ J/K.mol$

التفاعل : B $\Delta H = 2\ kJ/mol$ و $\Delta S = 113\ J/K.mol$

اذا لم يكن كل من التفاعلين تلقائياً عند درجة حرارة $25°C$ وضغط $1\ atm$ ، فبإي درجة حرارة قد يكونا تلقائيين.

الحــــل

$$\Delta G_r' = \Delta H_r' - T\Delta S_r'$$

نحول وحدة درجة الحرارة من c^0 الى K

$$T(K) = t(c^0) + 273 = 25 + 273 = 298K$$

وفي هذا النوع من الاسئلة يجب توحيد وحدات ΔS_r و ΔH_r وذلك بتحويل وحدة ΔS من من وحدة $J/K{\cdot}mole$ الى وحدة $KJ/K{\cdot}mole$ وعلى النحو الاتي.

$$\Delta S_r(KJ/K.mol) = \Delta S_r(J/K.mol) \times \frac{1(KJ)}{1000(J)}$$

$$\Delta S_r(KJ/K.mol) = 30(J/K.mol) \times \frac{1(KJ)}{1000(J)} = 0.03KJ/K.mol$$

$$\Delta S_r(KJ/K.mol) = 113(J/K.mol) \times \frac{1(KJ)}{1000(J)} = 0.113KJ/K.mol$$

التفاعل A

$$\Delta G_r' = 11KJ/mol - (298K)(0.03KJ/K.mol) = 2.06KJ/mol$$

التفاعل غير تلقائي لأن قيمة ΔG_r° موجبة

التفاعل B:

$$\Delta G_r' = 2KJ/mol - (298K)(0.113KJ/K.mol) = -31.67KJ/mol$$

التفاعل تلقائي لأن قيمة ΔG_r° سالبة

التفاعل A غير تلقائي ولايجاد درجة الحرارة التي يكون فيها تلقائياً نحسب درجة الحرارة التي تكون فيها ΔG_r° مساوية الى **0 KJ/mol**

$$\Delta G_r' = 0 = 11KJ/mol - (TK)\times(0.03KJ/K.mol)$$

$$T(K) = \frac{11KJ/mol}{0.03KJ/K.mol} = 366.7K$$

اي ان التفاعل يصبح تلقائياً عند تسخينه الى درجة حرارة اكبر من **366.7K** او بوحدة c°

$$t(c^\circ) = 366.7 - 273 = 93.7c^\circ$$

السؤال 3 - 38

علل مايأتي على ضوء علاقة كبس $(\Delta G = \Delta H - T\Delta S)$

1 - عملية انصهار الجليد تلقائية بالظروف الاعتيادية .

2 - لا يتحلل الماء الى عناصره الاولية بالظروف الاعتيادية .

3 - يذوب غاز ثنائي اوكسيد الكبريت في الماء تلقائياً ويبعث حرارة اثناء عملية ذوبانه .

الحــــل

1 - ان عملية انصهار الجليد تلقائيه لذا قيمة $\Delta G = -$

وان تلك العملية باعثه للحرارة لذا قيمة $\Delta H = -$

وبما ان النظام يتحول من انتظام الى لا انتظام لذا قيمة $\Delta S = -$

عند التطبيق على علاقة كبس ولكي تكون قيمة $\Delta G = -$ يجب ان تكون قيمة الحد ΔH اكبر من قيمة الحد $T\Delta S$.

2 - لان عملية التحلل لا تتم لذا قيمة $\Delta G = +$

وبما ان عملية التحلل تحتاج الى حرارة لاتمامها لذا قيمة $\Delta H = +$

ولان النظام اذا حدثت عملية التحلل يتحول من انتظام الى لا انتظام لذا قيمة

$\Delta S = +$

عند التطبيق على علاقة كبس ولكي تكون قيمة $\Delta G = +$ يجب ان تكون قيمة

الحد ΔH اكبر من قيمة الحد $T\,\Delta S$.

3 - بما ان عملية الذوبان باعثة للحرارة اي $\Delta H = -$ وعملية الذوبان يتحول فيها النظام من انتظام الى لا انتظام فأن قيمة $\Delta S = +$. ان كل عملية باعثة للحرارة ويتحول فيها النظام من انتظام الى لا انتظام تؤدي الى قيمة سالبة لطاقة كبس الحرة وتكون عملية تلقائية .

الفصل الرابع

4

الاتزان الكيميائي

Chemical Equilibrium



مفردات الفصل الرابع

4-1 التفاعلات الانعكاسية والانعكاسية .

4-2 التفاعلات الانعكاسية والغير انعكاسية حالة الاتزان .

4-3 التفاعلات الانعكاسية المتجانسة وغير المتجانسة .

4-4 حالة الاتزان وقانون فعل الكتلة .

4-5 ثابت الاتزان .

4-6 حساب ثابت الاتزان .

4-7 العلاقة بين ثابتي الاتزان Kc و Kp .

4-8 اهمية ثابت الاتزان .

4-9 حاصل التفاعل .

4-10 العلاقة بين الطاقة الحرة وقيمة حاصل التفاعل

4-11 قاعدة لو شاتليه .

4-12 العوامل المؤثرة على قيمة ثابت الاتزان

4-13 تطبيقات على ثابت الاتزان واهميته في العمليات الكيميائية

المفاهيم الاساسية

الاتزان الكيميائي Chemical Equilibrium

حالة اتزان ديناميكي (حركي) وليست حالة اتزان استاتيكي (ساكن) تصل اليها اغلب التفاعلات الانعكاسية عندما تصبح معدل سرعة التفاعل بكلا الاتجاهين متساوية، فتكون تراكيز المواد الناتجة والمتفاعلة عندها ثابتة دون تغير، مالم يحدث أي تغيير على الظروف التي يتم عندها التفاعل، لذا يبدو التفاعل في تلك الحالة قد توقف.

التفاعلات غير الانعكاسية Irreversible Reactions

التفاعلات الكيميائية التي يتم فيها عند ظروف معينة من استهلاك تام لأحد او جميعها المواد المتفاعلة، ولايكون للمواد الناتجة عند ظروف التفاعل نفسها القدرة على أن تتفاعل لتكوين المواد التي تكونت منها.

التفاعلات الانعكاسية Reversible Reactions

التفاعلات الكيميائية التي يتم فيها تحول المواد المتفاعلة الى نواتج في بداية التفاعل، ويكون للمواد الناتجة المقدرة على ان تتفاعل مع بعضها لتكوين المواد التي تكونت منها مرة اخرى.

التفاعلات الانعكاسية المتجانسة Reversible homogenous reactions

التفاعلات التي تكون فيها المواد المتفاعلة والناتجة جميعها في طور واحد.

التفاعلات الانعكاسية غير المتجانسة Reversible Heterogenous reactions

التفاعلات التي تكون فيها المواد المتفاعلة والناتجة في اكثر من طور واحد.

قانون فعل الكتلة Law of Mass Action

عند ثبوت درجة الحرارة فأن سرعة التفاعل الكيميائي تتناسب طردياً مع التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة كلاً منها مرفوع الى اس يمثل عدد المولات الموضوع امام كل مادة في المعادلة الكيميائية الموزونة.

ثابت الاتزان K_c Equilibrium Constant

حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد الناتجة عند حالة الاتزان مقسوماً على حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة عند الاتزان كلاً منها مرفوع لأُس عدد مولاتها في معادلة التفاعل الموزونة.

ثابت الاتزان K_p Equilibrium Constant

حاصل ضرب الضغوط الجزئية للمواد الناتجة عند الاتزان مقسوماً على حاصل ضرب الضغوط الجزئية للمواد المتفاعلة عند الاتزان كلاً منها مرفوع الى أُس عدد مولاتها في معادلة التفاعل الموزونة.

حاصل التفاعل Reaction Quetient

قيمة افتراضية لثابت الاتزان تحسب في لحظة ما خلال التفاعل للتنبؤ بوصوله الى حالة الاتزان ويعبر عن حاصل التفاعل بالعلاقة المستعملة نفسها للتعبير عن ثابت الاتزان ولكن لحاصل التفاعل لاتكون التراكيز المستخدمة بالضرورة هي قيم التراكيز عند حالة الاتزان.

قاعدة لوشاتلية Le Chatelier's Principle

اذا أثر مؤثر خارجي مثل تغير التركيز أو الحجم أو الضغط أو درجة الحرارة على تفاعل ما في حالة اتزان فإنَّ هذا التفاعل يتجه بأتجاه الذي يقلل من تأثير ذلك المؤثر ليصل التفاعل الى حالة اتزان جديدة.

مقدمة شاملة

تخضع الظواهر الكونية الموجودة جميعها في حالة اتزان يحفظها من التحلل والاضطراب ووضع لها قوانين غاية في الدقة والاحكام، مثل دورات العناصر الاوكسجين، والنتروجين، ودورة الماء في الطبيعة ، كذلك العمليات الكيميائية الحيوية التي تحدث في جسم الانسان تخضع هي الاخرى لاتزان دقيق .

الاهداف التعليمية للفصل

الاهداف التعليمية للفصل

في المجال المعرفي/ بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على ان:-

1 - يعرف المطلحات الآتية :

التفاعلات الانعكاسية، والتفاعلات غير الانعكاسية، والاتزان الكيميائي .

2 - يصنف التفاعلات الكيميائية بحسب اتجاه التفاعل.

3 - يصنف التفاعلات الانعكاسية.

4 - يوضح قانون فعل الكتلة.

5 - يعرف ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية K_p .

6 - يبين العلاقة بين ثابتي الاتزان K_c و K_p .

7 - يصنف اهمية ثابت الاتزان.

8 - يبين العلاقة بين الطاقة الحرة ΔG وحاصل قيمة التفاعل Q

9 - يوضح قاعدة لو شاتليه.

10 - يصنف التفاعلات الكيميائية من حيث انبعاث وامتصاصها الحرارة.

11 - يوضح تأثير العامل المساعد.

12 - يبين العوامل التي تؤثر على حالة الاتزان وثابت الاتزان.

في المجال المهاري/ عند الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على ان:-

1 - يعبر عن سرعة التفاعل الامامي والخلفي رياضياً بحسب قانون فعل الكتلة.

2 - يحسب ثابت الاتزان K_{eq} للتفاعل رياضياً.

3 - يكتب ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية لبعض التفاعلات..

4 - يكتب ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية K_c لعدد من التفاعلات

5 - يقوم بأجراء تجربة عملية لأيضاح الاتزان الكيميائي.

6 - يعبر عن العلاقة بين الطاقة الحرة غير القياسية ΔG مع الطاقة الحرة القياسية ΔG° بمعادلة.

7 - يحسب ثابت الاتزان K_{eq} رياضياً.

8 - يجري بعض التطبيقات على ثابت الاتزان وأهميته في العمليات الكيميائية.

في المجال الوجداني/ عند الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على ان:

1 - يقدر عظمة الخالق (سبحانه وتعالى) في دقة حكمته بتنظيم التفاعلات الكيميائية.

2 - يقدر دور العلم وجهود العلماء في اكتشاف انواع التفاعلات الكيميائية وثوابت الاتزان.

خطة انموذجّية مقترحة للدرس

اسم الموضوع / التفاعلات وثابت الاتزان

الاهداف السلوكية للدرس

في المجال المعرفي / عند الانتهاء من الدرس يكون الطالب قادراً على ان:

1 - يعرف التفاعلات الانعكاسية وغير الانعكاسية.

2 - يعرف الاتزان الكيميائي.

3 - يصنف التفاعلات الكيميائية بحسب اتجاه التفاعل.

4 - يصنف اهمية ثابت الاتزان.

5 - يشرح الاتزان الكيميائي بمثال عملي.

6 - يوضح الشروط الواجب توفرها لحدوث الاتزان الكيميائي.

في المجال المهاري/ بعد الانتهاء من الدرس يكون الطالب قادراً على ان:

1 - يوضح حدوث الاتزان الكيميائي بتجربة عملية .

2 - يجري بعض التطبيقات على ثابت الاتزان بعمليات حسابية.

3 - يحسب ثابت الاتزان K_{eq} رياضياً .

4 - يعبر عن سرعة التفاعل الامامي والخلفي بمعادلة افتراضية.

في المجال الوجداني/ عند الانتهاء من الدرس يكون الطالب قادراً على ان:

1 - يقدر عظمة الخالق (سبحانه وتعالى) في دقة حكمته بتنظيم التفاعلات الكيميائية.

2 - يقدر دور العلم وجهود العلماء في اكتشاف انواع التفاعلات الكيميائية وثوابت الاتزان.

3 - يوفّر الدقة عند اجراء التجربة في المختبر واجراء العمليات الحسابية في حل مسائل الاذابة.

سير الدرس

التمهيد /

ان حالة الاتزان تعزى الى وجود عمليتين متضادتين تحدثان في الوقت نفسه ، وتوصف حالات الاتزان هذه بانها حالات اتزان ديناميكي، وقد يكون الوصول الى حالات الاتزان هذه سريعاً كما هو في دورة السكر في الجسم اذ نجد ان نسبة السكر في دم الشخص السليم تظل ثانية عند حد معين، ويُعزى ذلك لحدوث عمليتين متضادتين الاولى هي اختزال السكر الزائد عن حاجة الجسم على هيئة نشا حيواني كلايكوجين في الكبد والاخرى هي عملية تحول جزء من النشا الحيواني المختزن الى سكر ينساب في الدم، اما فيما يخص حالات الاتزان البطيء يتمثل بدورة النتروجين والذي يستغرق مدة زمنية طويلة.

العرض /

يقوم المدرس باجراء العرض العملي الموجود في الكتاب المنهجي المقرر (تجربة اتحاد اليود بالهيدروجين) وخلال العرض يبين كيفية الوصول لحالة الاتزان الكيميائي اذ يبدأ بما يحدث في التفاعلات الانعكاسية في تفاعل امامي واخر عكسي وان سرعة التفاعل تزداد بزيادة تركيز المواد والعكس صحيح في بداية التفاعل تكون سرعة التفاعل الامامي كبيرة بينما سرعة التفاعل العكسي صفراً لعدم وجود النواتج وباستمرار التفاعل يزداد تركيز كل من المواد الناتجة ويقل تركيز كلا من المواد المتفاعلة ،ولهذا تزداد سرعة التفاعل العكسي وتقل سرعة التفاعل الامامي ويستمر ذلك حتى تتساوى سرعة التفاعل الامامي مع سرعة التفاعل العكسي وقد يبدو لنا بعد مرور مدة من الوقت ان التفاعل توقف ولكن الحقيقة ان المواد المتفاعلة تتحد باستمرار لتكوين النواتج وفي الوقت نفسه وبالسرعة نفسها تتفاعل المواد الناتجة لتكوين المواد المتفاعلة ويصل النظام الى حالة لاتتغير فيها تركيز المواد المكونة له طالما كان النظام بعيداً عن المؤثرات الخارجية وبذلك يمكننا استنتاج تعريف

الاتزان الكيميائي بانه حالة النظام عندما تثبت تراكيز المواد المتفاعلة والمواد الناتجة وبالآتي تصبح سرعة التفاعل الامامي مساوية لسرعة التفاعل العكسي .

عزيزي المدرس عليك ذكر الشروط الواجب توفرها لكي يصل اي نظام للاتزان الكيميائي وبشكل نقاط كالاتي .

1 - وجود تفاعلين متعاكسين .

2 - عند حدوث الإتزان تبقى التفاعلات الامامي والعكسي مستمرة وبالسرعة نفسها .

3 - يؤدي اي تغيير في إتزان النظام ، كالتغيير في درجة الحرارة والتركيز والضغط الى الأخلال بالإتزان.

وكأمتداد للموضوع يقوم المدرس بالتركيز على التطبيقات على الإتزان الكيميائي وأهميته في العمليات الكيميائية.

إذ يبدأ بمناقشة أهمية ثابت الإتزان في التنبؤ بتأثير التغيير في درجة الحرارة أو الضغط والتركيز على التفاعل المتزن ، وما لهذا من أهمية كبيرة في أختيار الشروط المناسبة لأجل توجيه التفاعل نحو زيادة إعطاء مادة معينة لها أهمية من الناحية الأقتصادية وحفظ إتزان النظام البيئي مما له أثر على حياة الإنسان ، ويمكنك عزيزي المدرس إعطاء أمثلة على ذلك ومنها:

أ- المحافظة على نسبة تركيز غاز ثنائي أوكسيد الكاربون ثابتة تقريباً في الغلاف الجوي .

يوضح المدرس ما يحصل في تفاعل غاز ثنائي أوكسيد الكاربون مع الماء والحجر الجيري طبقاً للنظام المتزن الآتي :



$$CO_{2(g)} + H_2O + CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons Ca^{++}_{(aq)} + 2HCO^{-}_{3(aq)}$$

بين لطلبتك اهمية هذا الاتزان في المحافظة على تركيز غاز ثنائي أوكسيد الكاربون في الغلاف الجوي عند مستوى ثابت تقريباً ملائم لحياة النبات والحيوان. فإذا أخل الإنسان بهذا الاتزان نتيجة اسرافه في حرق الوقود وغير ذلك، فأن ذلك يؤدي الى زيادة تركيز غاز ثنائي أوكسيد الكاربون في غلافنا الجوي بقدر لايمكن للنظام المتزن السابق من استهلاكه بالسرعة المطلوبة، مما يجعل لذلك تأثير خطير علي الحياة على سطح الأرض .

ب- طريقة هابر لصناعة الأمونيا ، اذ تُعد هذه الصناعة مهمة جداً نظراً للحاجة اليها في صناعة العديد من الأسمدة النتروجينية، كما يتبين في المعادلة ادناه:



$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

يمكنك عزيزي الطالب ملاحظة زيادة كمية غاز الأمونيا بشكل ملحوظ عند :

1 - تخفيض درجة حرارة التفاعل الى أقل من $550\ ^{\circ}C$

2 - زيادة الضغط (افضل الظروف العملية لانتاج الغاز عند استخدام ضغط يعادل 200atm) .

3 - زيادة تركيز غاز الهيدروجين والنتروجين .

4 - سحب غاز الأمونيا المتكون خارج وسط التفاعل أولا بأول .

المعادلات الرئيسة

قانون فعل الكتلة

$$K_c = \frac{[G]^g [H]^h}{[A]^a [B]^b}$$

العلاقة بين K_p و K_c

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n_g}$$

التغيير في عدد مولات المواد الغازية في التفاعل

$$\Delta n_g = \sum n_g(\text{Products}) - \sum n_g(\text{Reactants})$$

العلاقة بين التغيير في الطاقة الحرة والطاقة الحرة القياسية وحاصل قسمة التفاعل

$$\Delta G = \Delta G^{\circ} + RT \ln Q$$

العلاقة بين التغيير في الطاقة الحرة القياسية وثابت الاتزان

$$\Delta G^{\circ} = -RT \ln K_{eq}$$

حلول تمرينات وأسئلة الفصل الرابع

تمرين 4-1

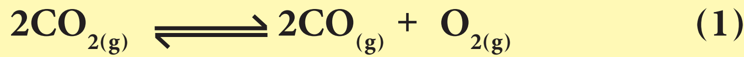
تفاعل ما متزن ثابت الاتزان له K_{eq} يساوي 4.24 وثابت سرعة التفاعل الخلفي k_b يساوي 0.02. احسب ثابت سرعة التفاعل الامامي k_f.

الحل

$$K_{eq} = \frac{k_f}{k_b} \Rightarrow 4.24 = \frac{k_f}{0.02} \Rightarrow k_f = 0.0848$$

تمرين 4-2

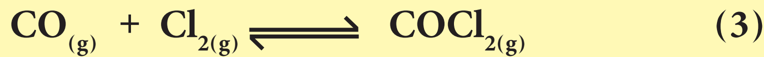
اكتب ثوابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية K_c وثوابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية K_p للتفاعلات الآتية إن أمكن.



$2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$ (1)



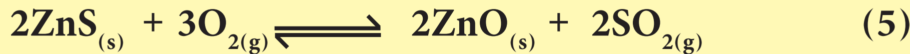
$3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3(g)}$ (2)



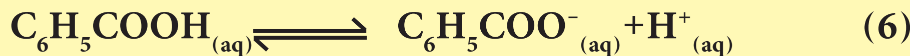
$CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons COCl_{2(g)}$ (3)



$H_2O_{(g)} + C_{(s)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_{2(g)}$ (4)



$2ZnS_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2ZnO_{(s)} + 2SO_{2(g)}$ (5)



$C_6H_5COOH_{(aq)} \rightleftharpoons C_6H_5COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$ (6)



$2NO_{2(g)} + 7H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 4H_2O_{(l)}$ (7)

الحل

$$K_c = \frac{[CO]^2[O_2]}{[CO_2]^2}$$

$$K_P = \frac{P^2_{CO} \times P_{O2}}{P^2_{CO_2}}$$

$$K_c = \frac{[O_3]^2}{[O_2]^3}$$

$$K_p = \frac{P^2_{O3}}{P^3_{O_2}}$$

$$K_c = \frac{[COCl_2]}{[CO][Cl_2]}$$

$$K_p = \frac{P_{COCl_2}}{P_{CO} \times P_{Cl_2}}$$

$$K_c = \frac{[CO][H_2]}{[H_2O]}$$

$$K_p = \frac{P_{CO} \times P_{H_2}}{P_{H_2O}}$$

$$K_c = \frac{[SO_2]^2}{[O_2]^3}$$

$$K_p = \frac{P^2_{SO2}}{P^3_{O_2}}$$

$$K_c = \frac{[C_6H_5COO^-][H^+]}{[C_6H_5COOH]}$$

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[NO_2]^2[H_2]^7}$$

$$K_p = \frac{P^2_{NH_3}}{P^2_{NO_2} \times P^7_{H_2}}$$

تمرين 4-3

جد قيمة K_{eq} للتفاعل الاتي عند 100°C



$$2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$$

اذا علمت إن التراكيز لمواد التفاعل عند حصول حالة الاتزان هي كالاتي:

$[N_2O_4] = 0.002\ M$

$[NO_2] = 0.017\ M$

الحـــــل

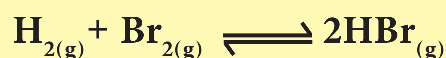
$$K_{eq} = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2}$$

$$K_{eq} = \frac{[0.002]}{[0.017]^2}$$

$$K_{eq} = 6.92$$

تمرين 4-4

للتفاعل الآتي:



$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$$

وضع في اناء حجمه لتر واحد 0.4 mole من كل من H_2 و Br_2 وبدرجة حرارة 425°C . احسب تراكيز المواد التي تُكّون خليط الاتزان اذا علمت ان ثابت الاتزان لهذا التفاعل K_c يساوي 0.25.

الحـــــل

	$H_2 + Br_2 \rightleftharpoons 2HBr$		
التركيز / M	$[H_2]$	$[Br_2]$	$2[HBr]$
التراكيز الابتدائية	0.4	0.4	0.0
التغيير في التراكيز	$-x$	$-x$	$+2x$
التراكيز عند الاتزان	$0.4-x$	$0.4-x$	$2x$

$$K_{c2} = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]}$$

$$0.25 = \frac{(2x)^2}{(0.4-x)(0.4-x)} = \frac{(2x)^2}{(0.4-x)^2}$$

وبجذر طرفي المعادلة وحلها نحصل على قيمة x

$$x = 0.08\ mol/L$$

وبتعويض قيمة x نحصل على تراكيز الاتزان كالاتي :

$[HBr] = 2x$

$[HBr] = 2 \times 0.08 = 0.16$

$[H_2] = 0.4 - x$

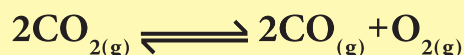
$[H_2] = 0.4 - 0.08 = 0.32$

$[Br_2] = 0.4 - x$

$[Br_2] = 0.4 - 0.08 = 0.32$

تمرين 4-5

للتفاعل :



$$2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$$

وضع في اناء حجمه لتر 0.8 mole من غاز CO_2 وبدرجة حرارة معينة وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان نصف كمية الغاز قد تفككت. احسب K_c.

الحــــل

المتفكك من غاز $CO_2 = 0.8 \times \frac{1}{2} = 0.4\ mol/L$

المتفكك من غاز CO_2 = التغيير في تركيز CO_2 جراء التفاعل

$2x = 0.4$

$x = \frac{0.4}{2}$

$x = 0.2\ mol/L$

	$2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$		
التركيز / M	CO_2	CO	O_2
التراكيز الابتدائية	0.8	0.0	0.0
التغيير في التراكيز	−2x	+2x	+x
التراكيز عند الاتزان	0.4	0.4	0.2

$$K_c = \frac{[CO]^2[O_2]}{[CO_2]^2}$$

$$K_c = \frac{[0.4]^2[0.2]}{[0.4]^2}$$

$$K_c = 0.2$$

تمرين 4-6

في التفاعل الغازي الآتي:



$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

وضعت كميات مختلفة (مولات مختلفة) من H_2 و N_2 في إناء سعته لتر وعند وصول التفاعل لحالة الاتزان وجد أن ما استهلك من H_2 يساوي 0.3 mole وما تبقى من N_2 يساوي 0.2 mole. ما عدد مولات كل من H_2 و N_2 قبل التفاعل علماً بأن ثابت الاتزان K_c للتفاعل يساوي 200.

الحـــل

نفرض تركيز H_2 الابتدائي α

نفرض تركيز N_2 الابتدائي γ

المستهلك من H_2 = التغيير بتركيز H_2

$$3x = 0.3$$

$$x = \frac{0.3}{3} = 0.1 \ \ mol / L$$

$$M = \frac{n}{v}$$

$$M = \frac{n}{1} = n$$

	$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$		
التركيز / M	$[H_2]$	$[N_2]$	$[NH_3]$
التراكيز الابتدائية	$\propto$	γ	0.0
التغيير في التراكيز	$-3x$	$-x$	$+2x$
التراكيز عند الاتزان	$\propto -3x$	0.2	0.2

$$\gamma - x = 0.2$$
$$\gamma = 0.2 + x$$
$$\gamma = 0.2 + 0.1 = 0.3 \ \ mol / L$$

عدد مولات N_2 قبل بداية التفاعل = 0.3

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]}$$
$$200 = \frac{[0.2]^2}{[\alpha - 0.3]^3[0.2]}$$

بالجذر التكعيبي

$$[\alpha - 0.3]^3 = 0.001$$
$$\alpha - 0.3 = 0.1$$
$$\alpha = 0.4 \ \ mol$$

عدد مولات H_2 قبل بداية التفاعل

السؤال 4 - 18

للتفاعل المتزن: $2A_{(g)} \rightleftharpoons A_{2(g)}$ وجد انه عند وضع مول من A_2 في اناء التفاعل حجمه لتر واحد عند (STP) يصل التفاعل حالة الاتزان فوجد انه يتحلل 1% من A_2 . ماقيمة K_c للتفاعل؟ وما تركيز A الذي يكون في حالة اتزان مع 0.01 M من A_2 وعند ظروف التفاعل نفسها ؟

الحل

$$M\,(mol/L) = \frac{n\,(mol)}{V(L)} = \frac{n\,(mol)}{1(L)} = n\,(mol)$$

$$\text{النسبة المئوية للمتحلل من } A_2 = \frac{\text{المتحلل من } A_2}{\text{تركيز الابتدائي } A_2} \times 100$$

$$1 = \frac{\text{المتحلل من } A_2}{1} \times 100$$

المتحلل من $A_2 = x = 0.01\ mol/L$

	$A_{2(g)} \rightleftharpoons 2A_{(g)}$	
التركيز / M	A_2	2A
التراكيز الابتدائية	1	0.000
التغيير في التراكيز	−x	+2x
التراكيز عند الاتزان	0.99	0.02

$$K_c = \frac{[A]^2}{[A_2]} = \frac{[0.02]^2}{0.99}$$

$$K_c = 4 \times 10^{-4}$$

$$K_c = \frac{[A]^2}{[A_2]}$$

$$4 \times 10^{-4} = \frac{[A]^2}{[0.01]}$$

$[A]^2 = 4 \times 10^{-6}$ بالجذر التربيعي للطرفين

$[A] = 0.002\ mol/L$

تركيز A الذي يكون في حالة اتزان مع $0.01\ mol/L$ من A_2

السؤال 4 – 21

في التفاعل المتزن الغازي : $PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons PCl_{5\,(g)}$

وجد أنه ضغط PCl_3 الجزئي في الاناء المغلق ضعفا ضغط Cl_2 الجزئي وعند وصول التفاعل الى موضع الاتزان بدرجة حرارة معينة وجد ان ضغط Cl_2 يساوي 1atm فاذا علمت ان K_p للتفاعل يساوي 1/6 فما ضغطا غازي Cl_2 و PCl_3 في بداية التفاعل .

الحــــل

	$PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons PCl_{5\,(g)}$		
الضغط / atm	PCl_3	Cl_2	PCl_5
الضغوط الابتدائية	2y	y	0.0
التغيير في الضغوط	−x	−x	+x
الضغوط عند الاتزان	2y − x	1	x

$$y - x = 1 \Rightarrow x = y - 1$$

$$2y - (y - 1) = y + 1$$

الضغط الجزئي لـ PCl_5 عند الاتزان = $y - 1$

الضغط الجزئي لـ PCl_3 عند الاتزان = $y + 1$

$$K_p = \frac{P_{PCl5}}{P_{Cl2}\,P_{PCl3}} \Rightarrow \frac{1}{6} = \frac{y - 1}{(y + 1) \times 1}$$

وبحل المعادلة نجد ان قيمة $y = 1.4$ atm

ضغط Cl_2 في بداية التفاعل = 1.4 atm

ضغط PCl_3 في بداية التفاعل = 2y = 2.8 atm

السؤال 4 - 23

في وعاء حجمه لتر واحد وضع مول واحد من غاز NO_2 بدرجة حرارة معينة فوجد ان 40% من الغاز قد تفكك عند وصوله الى حالة الاتزان احسب التفاعل الاتي:



$$2NO_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + O_{2(g)}$$

احسب ثابت الاتزان K_c للتفاعل .

الحــل

$$\text{النسبة المئوية المتفكك من } NO_2 = \frac{\text{المتفكك من } NO_2}{\text{تركيز الابتدائي } NO_2} \times 100$$

$$40 = \frac{\text{المتفكك من } NO_2}{1} \times 100$$

$$\text{المتفكك من } NO_2 = 0.4$$

اذن $x = 0.2$

	$2NO_{2(g)} \rightleftharpoons$	$2NO_{(g)}$	$+ O_{2(g)}$
التركيز / M	$2[NO_2]$	$2[NO]$	$[O_2]$
التراكيز الابتدائية	1	0	0
التغيير في التراكيز	$-2x$	$+2x$	$+x$
التراكيز عند الاتزان	0.6	0.4	0.2

$$K_c = \frac{[NO]^2[O_2]}{[NO_2]^2} = \frac{(0.4)(0.2)}{(0.6)^2}$$

$$K_c = 0.09$$

السؤال 4 – 24

للتفاعل المتزن: $CO_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$ وفي اناء حجمه لتر واحد تم خلط مولات متساوية من CO_2 و H_2 وبدرجة حرارة 2000K وصل التفاعل حالة الاتزان فوجد ان عدد المولات الكلية لخليط الغازات عند الاتزان تساوي 3imole.
ما تراكيز خليط الاتزان علماً بان ثابت الاتزان K_c يساوي 4 ؟

الحل

$$M\,(mol/L) = \frac{n\,(mol)}{V(L)} = \frac{n\,(mol)}{1(L)} = n\,(mol)$$

	$CO_{2(g)}$ +	$H_{2(g)}$ ⇌	$CO_{(g)}$ +	$H_2O_{(g)}$
التركيز / M	$[CO_2]$	$[H_2]$	$[CO]$	$[H_2O]$
التراكيز الابتدائية	y	y	0	0
التغيير في التراكيز	−x	−x	+x	+x
التراكيز عند الاتزان	y − x	y − x	x	x

$n_T = n_{CO2} + n_{H2} + n_{CO} + n_{H2O}$

$n_T = (y - x) + (y - x) + (x + x)$

$3 = (y - x) + (y - x) + (x + x)$

$y = 1.5$

$$K_c = \frac{[CO][H_2O]}{[H_2][CO_2]}$$

$$4 = \frac{x^2}{(1.5 - x)^2}$$

$x = 1\ mol/L$

تركيز H_2 و CO عند الاتزان = $0.5\ mol/L$

تركيز H_2O و CO_2 عند الاتزان = $1\ mol/L$

السؤال 4 - 26

وضع $4\ g$ من غاز HF في وعاء مغلق حجمه $2\ L$ عند درجة حرارة $27°C$ وترك في الوعاء المغلق يتفكك حتى تم الاتزان الكيميائي حسب المعادلة الاتية $2HF_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + F_{2(g)}$ فاذا كان k_p للتفاعل يساوي 1.21. احسب الضغط الجزئي لغاز HF عند الاتزان علماً بان الكتلة المولية للغاز تساوي $20\ g/mole$.

الحـــل

$$n\,(mol) = \frac{m(g)}{M\,(g/mol)} = \frac{4}{20} = 0.20$$

$$T(K) = t(°C) + 273 = 27 + 273 = 300\ K$$

$$P(atm) \times V(L) = n(mol) \times R(atm.L/K.mol) \times T(K)$$

$$P(atm) \times 2(L) = 0.2(mol) \times 0.082(atm.L/K.mol) \times 300(K)$$

$$P(atm) = 2.46\ atm$$ ضغط غاز HF في بداية التفاعل يساوي

	$2HF_{(g)} \rightleftharpoons$	$H_{2(g)}$ +	$F_{2(g)}$
الضغط	[HF]	$[H_2]$	$[F_2]$
الضغوط الابتدائية	2.46	0.0	0.0
التغيير في الضغط	−2x	+x	+x
الضغوط عند الاتزان	2.46 − 2x	x	x

$$K_p = \frac{P_{H2} \times P_{F2}}{P_{HF}}$$

$$1.21 = \frac{x^2}{(2.46 - 2x)^2}$$

وبحل المعادلة نحصل على قيمة x

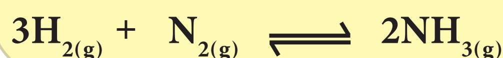
$x = 0.85\ atm$

الضغط الجزئي لغاز HF عند الاتزان يساوي :

$$2.46 - 2x = 2.46 - 2 \times 0.85 = 0.76\ atm$$

تمرين 4-7

احسب قيمة K_c للتفاعل المتزن الآتي عند $500°C$. اذا علمت ان قيمة K_p للتفاعل تســـــاوي 1.5×10^{-5} عند درجة الحرارة نفسها.



$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

الحـــل

$$T_{(K)} = t^{\circ}_{(c)} + 273$$

$$= 500 + 273 = 773K$$

$$\Delta n_g = \sum n_g(Products) - \sum n_g(Reactants)$$

$$= 2 - 4 = -2$$

$$K_c = K_p\,(RT)^{-\Delta n_g}$$

$$K_c = 1.5\times10^{-5}\,(0.082\times773)^{-(-2)}$$

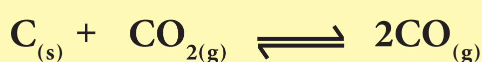
$$K_c = 1.5\times10^{-5}\,(63.4)^{2}$$

$$K_c = 1.5\times10^{-5}\times4019.56$$

$$K_c = 0.06$$

تمرين 4-8

اذاكانت K_c تساوي 1.6 عند $1000°C$ بالنسبة للتفاعل الاتي:



$$C_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$$

احسب ضغط CO الجزئي في حالة الاتزان عندما يكون الضغط الجزئي في تلك الحالة لغاز CO_2 يساوي $0.6atm$.

الحـــل

$$\Delta n_g = \sum n_g(Products) - \sum n_g(Reactants)$$

$$= 2 - 1 = 1$$

$$T(K) = t(°C) + 273$$

$$= 1000 + 273 = 1273K$$

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n_g}$$

$$K_P = K_C (RT)$$

$$= 1.6(0.082 \times 1273)^1$$

$$= 1.6 \times 104.4$$

$$= 167$$

$$K_P = \frac{P^2_{co}}{P_{co_2}}$$

$$167 = \frac{P^2_{co}}{0.6}$$

$$P^2_{co} = 100.2$$ بالجذر التربيعي

$$P_{co} = 10 \text{ atm}$$ ضغط COالجزئي عند الاتزان

السؤال 4-11

عند تسخين غاز NOCl النقي الى درجة 240°C في اناء مغلق حجمه لتر يتحلل حسب المعادلة: $2NO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2NOCl_{(g)}$ وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان الضغط الكلي لمزيج الاتزان يساوي 1atm والضغط الجزئي لغاز NOCl يساوي 0.64 atm أحسب:

1 - الضغوط الجزئية لكل من غازي Cl_2 و NO عند الاتزان.

2 - ثابت الاتزان K_c للتفاعل عند درجة الحرارة نفسها .

الحـــل

	$2NOCl_{(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + Cl_{2(g)}$		
الضغط / atm	2NOCl	2NO	Cl_2
الضغوط الابتدائية	Y	0.0	0.0
التغيير في الضغوط	−2x	+2x	+x
الضغوط عند الاتزان	0.64	2x	x

$$P_T = P_{NOCl} + P_{NO} + P_{Cl_2}$$

$$1 = 0.64 + 2x + x$$

$$x = 0.12 \text{ atm}$$

الضغط الجزئي لغاز Cl_2 عند الاتزان = 0.12 atm

الضغط الجزئي لغاز NO عند الاتزان = 0.24 atm

$$K_P = \frac{P_{NO}^2 \times P_{Cl_2}}{P_{NOCl}^2}$$

$$K_P = \frac{(0.24)^2 \times (0.12)}{(0.64)^2}$$

$$K_P = 16.9 \times 10^{-3}$$

$$\Delta n_g = \sum n_g(Products) - \sum n_g(Reactants)$$

$$\Delta n_g = 3 - 2 = 1$$

$$T(K) = t(°C) + 273 = 240 + 273 = 513\ K$$

$$K_c = K_p (RT)^{-\Delta n_g}$$

$$= 16.9 \times 10^{-3}(0.082 \times 513)^{-1}$$

$$K_c = 4 \times 10^{-4}$$

السؤال 4 - 19

للتفاعل المتزن الاتي: $3A_{(g)} \rightleftharpoons aB_{(g)}$ وجد ان ثابت الاتزان K_c يساوي 147.6 وبدلالة K_p يساوي 6 بدرجة حرارة 27°C جد قيمة a في المعادلة.

الحـــل

$$\Delta n_g = \sum n_g(Products) - \sum n_g(Reactants)$$

$$\Delta n_g = a - 3$$

$$T(K) = t(°C) + 273 = 27 + 273 = 300\ K$$

$$K_c = K_p (RT)^{-\Delta n_g}$$

$$147.6 = 6\,(0.082 \times 300)^{-(a-3)}$$

$$\frac{147.6}{6} = (24.6)^{-(a-3)}$$

$$(24.6)^1 = (24.6)^{-a+3}$$

اذا تساوت الاساسات تساوت الأسس

$$1 = -a + 3 \Rightarrow a = 2$$

السؤال 4 – 20

للتفاعل المتزن: $NiO_{(s)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons Ni_{(s)} + CO_{2(g)}$

بدرجة حرارة 727°C وصل التفاعل حالة الاتزان فوجد ان ضغط غاز CO في الفرن يساوي 304Torr والضغط الكلي يساوي 1atm ما ثابت الاتزان K_c للتفاعل .

(معلومة : 1atm = 760Torr).

الحـــــل

$$P_{atm} = P_{Torr} \times \frac{1_{atm}}{760_{Torr}}$$

$$P_{atm} = 304_{Torr} \times \frac{1_{atm}}{760_{Torr}}$$

$P = 0.4\ atm$ الضغط الجزئي لـ CO عند الاتزان

$$P_T = P_{CO} + P_{CO2}$$

$$1 = 0.4 + P_{CO2}$$

$P_{CO2} = 0.6\ atm$ الضغط الجزئي لـ CO_2 عند الاتزان



$$NiO_{(s)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons Ni_{(s)} + CO_{2(g)}$$

$$K_P = \frac{P_{CO2}}{P_{CO}}$$

$$K_P = \frac{0.6}{0.4} = 1.5$$

$$\Delta n_g = \sum n_g(\text{Products}) - \sum n_g(\text{Reactants})$$

$$\Delta n_g = 1 - 1 = 0$$

$$K_c = K_p\,(RT)^{-\Delta n_g}$$

$$K_c = K_p\,(RT)^{0}$$

$$K_c = K_p \Rightarrow K_c = 1.5$$

السؤال 4 - 25

للتفاعل المتزن غير المتجانس :

$CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons CaCO_{3(s)}$ بدرجة حرارة 800°C وجد ان ضغط CO_2 عند الاتزان يساوي 0.235atm. احسب K_c للتفاعل عند درجة الحرارة نفسها.

الحـــل

	$CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons CaCO_{3(s)}$		
الضغط / atm	CaO	CO_2	$CaCO_3$
الضغوط عند الاتزان		0.235	

$$K_p = \frac{1}{P_{CO2}}$$

$$K_p = \frac{1}{0.235} = 4.26$$

$$\Delta n_g = \sum n_g(\text{Products}) - \sum n_g(\text{Reactants})$$

$$\Delta n_g = 0 - 1 = -1$$

$$T(K) = t(°C) + 273 = 800 + 273 = 1073\ K$$

$$K_c = K_p (RT)^{-\Delta n_g}$$

$$K_c = 4.26\,(0.082 \times 1073)^{-(-1)}$$

$$K_c = 374.8$$

السؤال 4 - 27

اذا كانت درجة تفكك مول واحد من N_2O_4 الى NO_2 هي 20% عند درجة حرارة 27°C وضغط 1atm وفي اناء حجمه لتر واحد . احسب قيمة k_p للتفاعل. (معلومة : درجة التفكك تساوي الجزء الى الكل مضروباً في 100).

الحـــل

نفرض ان كل 1 mole من N_2O_4 يتفكك منه 20% mole الى NO_2 .

اي ان $0.2\ mol/L = (\frac{20}{100} \times 1)$ وهذه كمية N_2O_4 المتفككة وهي نفسها قيمة x

	$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$	
التركيز / M	$[N_2O_4]$	$2\,[NO_2]$
التراكيز الابتدائية	1	0.000
التغيير في التراكيز	$-x$	$+2x$
التراكيز عند الاتزان	$1-x$	$2x$
	$1-(\frac{20}{100} \times 1) = 0.8$	$2 \times (\frac{20}{100} \times 1) = 0.4$

ولحساب K_c نتبع العلاقة الاتية :

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{[0.4]^2}{[0.8]} = 0.2$$

نحول درجة الحرارة من وحدة °C الى وحدة K

$$T(K) = t(°C) + 273 = 27 + 273 = 300\ K$$

$$\Delta n_g = \sum n_g(Products) - \sum n_g(Reactants)$$

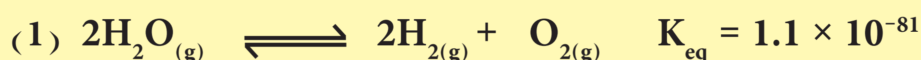
$$\Delta n_g = 2 - 1 = 1$$

ولحساب K_p نتبع العلاقة الاتية :

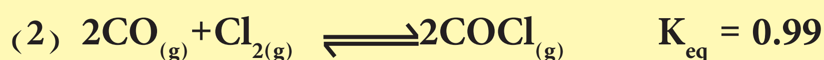
$$K_p = K_c\,(RT)^{\Delta n_g} = 0.2\,(0.082 \times 300)^1 = 4.92$$

تمرين 4-9

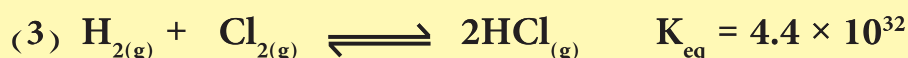
من قيم ثوابت الاتزان K_c لكل من التفاعلات الآتية تنبأ بحالة الاتزان لها.



$(1)\quad 2H_2O_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)} \qquad K_{eq} = 1.1 \times 10^{-81}$

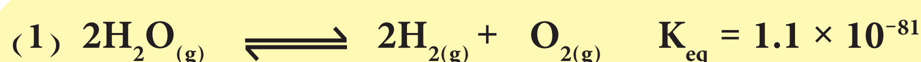


$(2)\quad 2CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2COCl_{(g)} \qquad K_{eq} = 0.99$



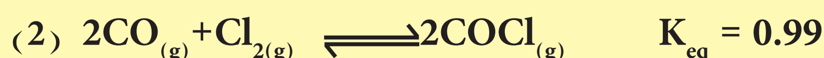
$(3)\quad H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)} \qquad K_{eq} = 4.4 \times 10^{32}$

الحـــل



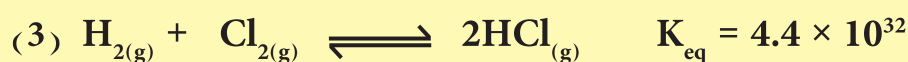
$(1)\quad 2H_2O_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)} \qquad K_{eq} = 1.1 \times 10^{-81}$

قيمة ثابت الاتزان صغيرة جداً اي عند حالة الاتزان فأن كمية النواتج قليلة جداً لدرجة يمكن عدَّ ان هذا التفاعل لايحدث من الناحية العملية.



$(2)\quad 2CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2COCl_{(g)} \qquad K_{eq} = 0.99$

قيمة ثابت الاتزان قريبة للعدد واحد وهذا يعني ان تراكيز المواد الناتجة والمتبقية من المواد المتفاعلة عند حالة الاتزان تكاد تكون متقاربة.



$(3)\quad H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)} \qquad K_{eq} = 4.4 \times 10^{32}$

قيمة ثابت الاتزان كبيرة جداً أي عند حالة الاتزان فأن كمية النواتج كبيرة جداً ، وأن التفاعل قد اقترب من التمام لذا من الناحية العملية نستطيع القول ان هذا التفاعل يكاد يكون تاماً.

تمرين 4-10

للتفاعل $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ ثابت الاتزان K_p له = 0.39 بدرجة حرارة 227°C فما قيمة K_c للتفاعل $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ بدرجة الحرارة نفسها.

الحــــل

$$\Delta n_g = \sum n_g(Products) - \sum n_g(Reactants)$$

$$= 1 - 2 = -1$$

$$T(K) = t(^0C) + 273$$

$$= 227 + 273 = 500K$$

$$K_c = K_p (RT)^{-\Delta n_g}$$

$$K_c = 0.39 \times (0.082 \times 500)^{-(-1)}$$

$$K_c = 0.39 \times (41)^{+1}$$

$$K_c = 0.39 \times 41$$

$$K_c = 16$$

$$K_c = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2}$$

$$16 = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2}$$

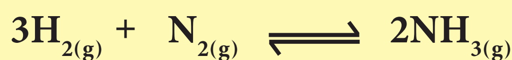
$$K_{c_2} = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$$

$$K_{c_2} = \frac{1}{K_{c_1}}$$

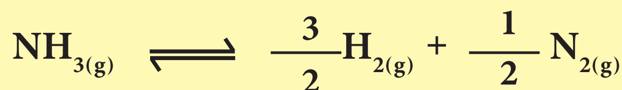
$$K_{c_2} = \frac{1}{16} = 0.0625$$

تمرين 4-11

للتفاعل الغازي :



بدرجة حرارة معينة وجد ان خليط الاتزان يحتوي على 0.02 M مـــــــن NH_3 و0.1 M من N_2 وكذلك من H_2. ما ثابت الاتزان K_c للتفاعل .



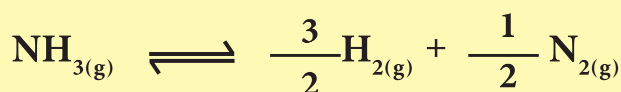
الحـــــل

	$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$		
التركيز / M	$[H_2]$	$[N_2]$	$[NH_3]$
تراكيز الاتزان	0.1	0.1	0.02

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2]^1[H_2]^3}$$

$$= \frac{[0.02]^2}{[0.1][0.1]^3}$$

$$K_c = 4$$



$$K_{c_2} = \frac{[N_2]^{\frac{1}{2}}[H_2]^{\frac{3}{2}}}{[NH_3]}$$

$$K_{c_2} = \sqrt{\frac{1}{K_{c_1}}}$$

$$K_{c_2} = \sqrt{\frac{1}{4}}$$

$$K_{c_2} = 0.5$$

تمرين 4-12

وضع مول واحد من بروميد الهيدروجين في وعاء مغلق حجمه لتر واحد وبدرجة حرارة معينة وصل التفاعل الغازي إلى حالة الاتزان، فوجد ان المتكون من غاز البروم 0.2 mole حسب التفاعل الآتي:



$$2HBr \rightleftharpoons H_2 + Br_2$$

فما عدد مولات غاز HBr في خليط الاتزان لإناء آخر حجمه 1.0 L الناتج من خلط غازي البروم والهيدروجين بكميات 2.0 mole لكل منها.

الحــــل

تحسب التراكيز الابتدائية للمواد المشتركة في التفاعل من معرفة عدد مولات المواد وحجم المزيج من العلاقة الاتية:

$$[HBr] = \frac{1.0\ (mol)}{1(L)} = 1.0\ mol/L$$

	$2HBr \rightleftharpoons H_2 + Br_2$		
التركيز / M	$2[HBr]$	$[H_2]$	$[Br_2]$
التراكيز الابتدائية	1.0	0.0	0.0
التغيير في التراكيز	−2x	+x	+x
التراكيز عند الاتزان	1.0−2x	x	x

لذا فتراكيز المواد عند الاتزان

$$[H_2] = [Br_2] = x = 0.2\ \ mol/L$$

$$[HBr] = 1 - 2x = 1 - (2 \times 0.2) = 0.6\ \ mol/L$$

وثابت الاتزان لهذا التفاعل يمكن حسابه كالاتي:

$$K_{c1} = \frac{[H_2][Br_2]}{[HBr]^2} = \frac{(0.2)(0.2)}{(0.6)^2} = \frac{1}{9} = 0.11$$

	$H_2 + Br_2 \rightleftharpoons 2HBr$		
التركيز / M	$[H_2]$	$[Br_2]$	$2[HBr]$
التراكيز الابتدائية	2.0	2.0	0.0
التغيير في التراكيز	$-x$	$-x$	$+2x$
التراكيز عند الاتزان	$2.0-x$	$2.0-x$	$2x$

ثابت الاتزان للتفاعل في الاناء الثاني يساوي مقلوب ثابت الاتزان للتفاعل في الاناء الاول حسب القاعدة الاولى:

$$K_{c2} = \frac{1}{k_{C1}} = \frac{1}{0.11}$$

$$= 9$$

$$K_{c2} = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]}$$

$$9 = \frac{(2x)^2}{(2.0 - x)(2.0 - x)} = \frac{(2x)^2}{(2.0 - x)^2}$$

وبجذر طرفي المعادلة وحلها نحصل على قيمة x

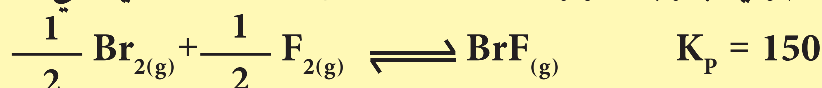
$x = 1.2$ mol/L

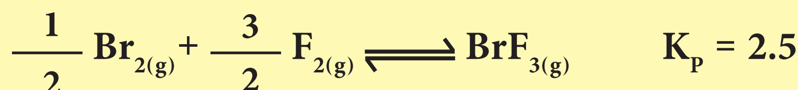
وبما اننا نريد حساب كمية HBr الناتجة عند الاتزان والتي تساوي $(2x)$ اي:

$[HBr] = 2 \times 1.2 = 2.4$ mol/L

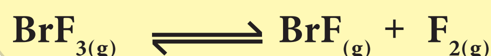
تمرين 4-13

وجد ان ثابت الاتزان للضغوط الجزئية بدرجة حرارة 2000K لكل من التفاعلات الاتية هي :





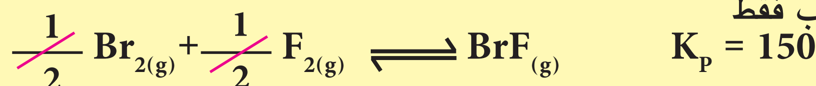
احسب ثابت الاتزان K_c للتفاعل :

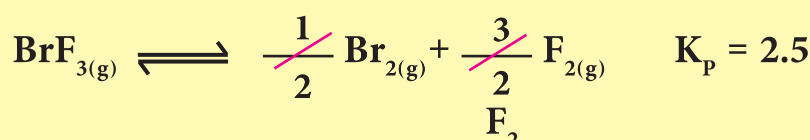


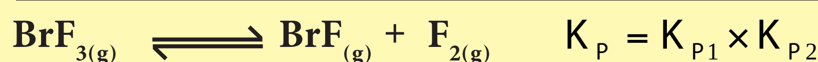
الحـــل

المعادلة المعلومة K_p الاولى تثبت كما هي

المعادلة المعلومة K_p الثانية تقلب فقط







$$K_P = K_{P_1} \times K_{P_2}$$

$$= 150 \times 0.4$$

$$K_P = 60$$

$$\Delta n_g = \sum n_g(\text{Products}) - \sum n_g(\text{Reactants})$$

$$= 2 - 1 = 1$$

$$K_c = K_p (RT)^{-\Delta n_g}$$

$$K_C = 60 \times (0.082 \times 2000)^{-1}$$

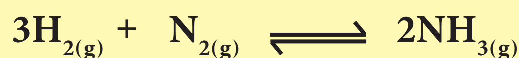
$$K_C = 60 \times (164)^{-1}$$

$$K_C = \frac{60}{164}$$

$$K_C = 0.366$$

تمرين 14-4

للتفاعل الغازي:



$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

ثابت الاتزان K_c له يساوي 9.0 .

1) هل ان مزيج مكون من 2.0 mole من كل من الغازات N_2, H_2, NH_3 في وعاء مغلق حجمه 1.0 L يمثل حالة اتزان ولماذا؟

2) لو افترضنا ان المزيج غير متزن، ماحجم الإناء اللازم لجعله متزناً؟

الحـــل

$$M = \frac{n(mol)}{V(L)} = \frac{2(mol)}{1(L)} = 2\ mol/L$$

	$3H_{2(g)}$	$+N_{2(g)} \rightleftharpoons$	$2NH_{3(g)}$
التركيز / M	$[H_2]$	$[N_2]$	$[NH_3]$
التركيز المفترض	2	2	2

$$Q = \frac{[NH_3]^2}{[N_2]^1[H_2]^3}$$

$$= \frac{[2]^2}{[2][2]^3} = 0.25$$

$$Q \neq K_c$$

التفاعل غير متزن بهذه التراكيز

2) نفرض حجم اناء التفاعل = α

تراكيز المزيج عند الاتزان

$$M = \frac{n(mol)}{V(L)} = \frac{2}{\alpha}\ mol/L$$

	$3H_{2(g)}$	$+N_{2(g)} \rightleftharpoons$	$2NH_{3(g)}$
التركيز / M	$[H_2]$	$[N_2]$	$[NH_3]$
تراكيز الاتزان	$\frac{2}{\alpha}$	$\frac{2}{\alpha}$	$\frac{2}{\alpha}$

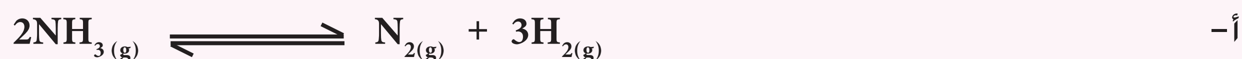
$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2]^1[H_2]^3}$$

$$9 = \frac{\left[\frac{2}{\alpha}\right]^2}{\left[\frac{2}{\alpha}\right]\left[\frac{2}{\alpha}\right]^3}$$

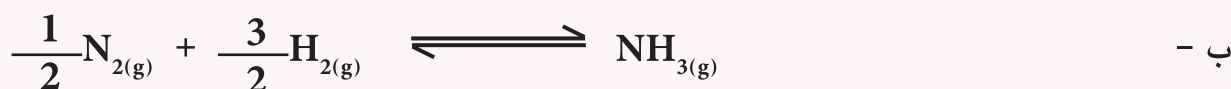
$\alpha = 6 \ L$

السؤال 4 – 14

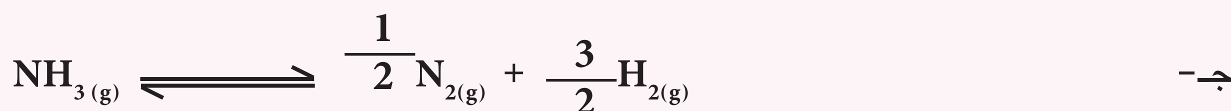
يتزن التفاعل الاتي $2NH_{3(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$ عند درجة $377°C$ وقيمة ثابت الاتزان K_c تساوي 1.96 . أحسب قيم ثوابت الاتزان للتفاعلات الآتية وبنفس درجة الحرارة.



أ- $2NH_{3(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$



ب - $\frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{3}{2}H_{2(g)} \rightleftharpoons NH_{3(g)}$



جـ- $NH_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{3}{2}H_{2(g)}$

الحـــل

أ -

$$K_{c2} = \frac{1}{K_{c1}}$$

$$= \frac{1}{1.96}$$

$$K_{c2} = 0.51$$

ب -

$$K_{c3} = \sqrt{K_{c1}}$$

$$= \sqrt{1.96}$$

$$K_{c3} = 1.4$$

جـ -

$$K_{c4} = \sqrt{\frac{1}{K_{c1}}}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{1.96}}$$

$$K_{c4} = 0.7$$

السؤال 4 - 15

ثابت الاتزان K_c يساوي 4.2×10^{-7} للتفاعل المتزن:



$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$$

و K_c يساوي 4.7×10^{-9} للتفاعل $CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CO_3^{2-} + Ca^{2+}$

و K_c يساوي 4.8×10^{-11} للتفاعل $HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{2-}$

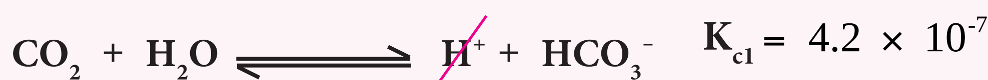
فما ثابت الاتزان K_c للتفاعل المتزن:



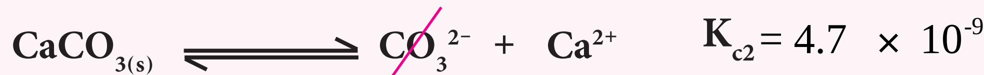
$$CO_2 + CaCO_{3(s)} + H_2O \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2HCO_3^-$$

الحــــل

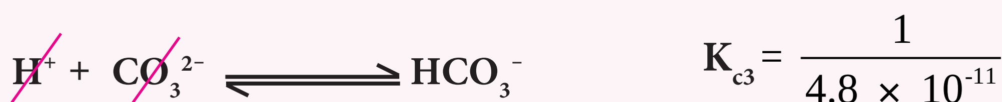
من ملاحظتنا للمعادلات المعلومة K_c لها نجد أن الحصول على معادلة التفاعل المطلوب ثابت الاتزان لها K_c فأننا نحتاج لقلب المعادلة الثالثة معلومة قيمة K_c لها فيصبح ترتيب المعادلات كالاتي:



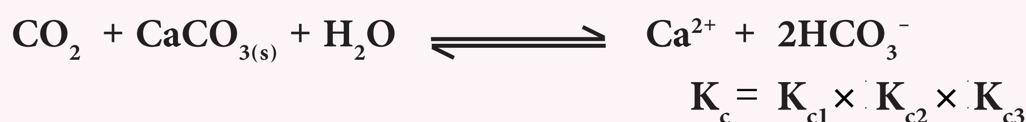
$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^- \qquad K_{c1} = 4.2 \times 10^{-7}$$



$$CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CO_3^{2-} + Ca^{2+} \qquad K_{c2} = 4.7 \times 10^{-9}$$



$$H^+ + CO_3^{2-} \rightleftharpoons HCO_3^- \qquad K_{c3} = \frac{1}{4.8 \times 10^{-11}}$$



$$CO_2 + CaCO_{3(s)} + H_2O \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2HCO_3^-$$

$$K_c = K_{c1} \times K_{c2} \times K_{c3}$$

$$K_c = K_{c1} \times K_{c2} \times K_{c3}$$

$$K_c = 4.2 \times 10^{-7} \times 4.7 \times 10^{-9} \times \frac{1}{4.8 \times 10^{-11}}$$

$$K_c = 4.1 \times 10^{-5}$$

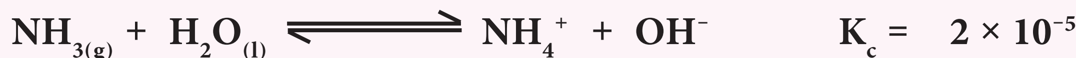
السؤال 4 - 16

احسب K_c للتفاعل المتزن:



$$CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} + 2NH_{3(g)} \rightleftharpoons 2NH_4^{+} + CO_3^{2-}$$

من ثوابت الاتزان للتفاعلات المتزنة الاتية:



$$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^{+} + OH^{-} \qquad K_c = 2 \times 10^{-5}$$



$$CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2CO_{3(aq)} \qquad K_c = 4 \times 10^{-7}$$



$$H_2CO_{3\,(aq)} \rightleftharpoons 2H^{+1} + CO_3^{-2} \qquad K_c = 1 \times 10^{-8}$$



$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^{+1} + OH^{-1} \qquad K_c = 1 \times 10^{-14}$$

الحــــل

من ملاحظتنا للمعادلات المعلومة قيمة Kc لها نلاحظ اننا لو أردنا الحصول على معادلة التفاعل المطلوب قيمة Kc لها فاننا نحتاج اولاً لضرب معادلة التفاعل الاولى × 2 ثانياً نقلب معادلة التفاعل الرابعة ونضرب × 2 فتصبح ترتيبها كالآتي:



$$2NH_{3(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons 2NH_4^{+} + 2OH^{-} \qquad K_{c1} = 4 \times 10^{-10}$$



$$CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2CO_{3(aq)} \qquad K_{c2} = 4 \times 10^{-7}$$



$$H_2CO_{3\,(aq)} \rightleftharpoons 2H^{+1} + CO_3^{-2} \qquad K_{c3} = 1 \times 10^{-8}$$



$$2H^{+1} + 2OH^{-1} \rightleftharpoons 2H_2O_{(l)} \qquad K_{c4} = 1 \times 10^{+28}$$



$$CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} + 2NH_{3(g)} \rightleftharpoons 2NH_4^{+} + CO_3^{2-}$$

$$K_c = K_{c1} \times K_{c2} \times K_{c3} \times K_{c4}$$

$$K_c = K_{c1} \times K_{c2} \times K_{c3} \times K_{c4}$$

$$= 4 \times 10^{-10} \times 4 \times 10^{-7} \times 1 \times 10^{-8} \times 1 \times 10^{28}$$

$$= 16 \times 10^{3}$$

السؤال 4 - 29

وجد ان ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية K_p بدرجة حرارة 1000K للتفاعلات:



$$C_{(s)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} \qquad K_p = 2.9 \times 10^{10}$$



$$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} \qquad K_p = 5 \times 10^{20}$$

احسب ثابت الاتزان بدلالة K_c للتفاعل :

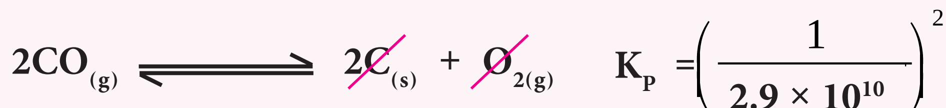


$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)}$$

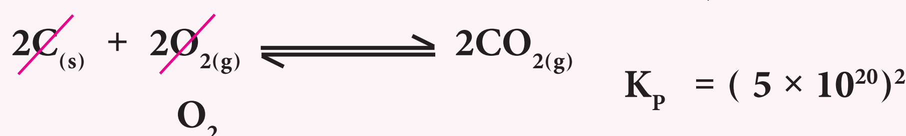
الحل

نلاحظ اننا للحصول على المعادلة المطلوب ايجاد K_c لها اننا نحتاج لقلب المعادلة الاولى وضربها ×2

وكذلك نحتاج فقط لضرب المعادلة الثانية ×2



$$2CO_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(s)} + O_{2(g)} \qquad K_p = \left(\frac{1}{2.9 \times 10^{10}}\right)^2$$



$$2C_{(s)} + 2O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)} \qquad K_p = (5 \times 10^{20})^2$$

O_2



$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)} \qquad K_p = K_{P1} \times K_{P2}$$

$$K_p = K_{P1} \times K_{P2}$$

$$K_p = \left(\frac{1}{2.9 \times 10^{10}}\right)^2 \times (5 \times 10^{20})^2 = 2.97 \times 10^{20}$$

$$\Delta n_g = \sum n_g(\text{Products}) - \sum n_g(\text{Reactants})$$

$$\Delta n_g = 2 - 3 = -1$$

$$K_c = K_p (RT)^{-\Delta n_g} = 2.97 \times 10^{20} \, (0.082 \times 1000)^{-(-1)}$$

$$K_c = 2.4 \times 10^{22}$$

تمرين 4-15

في اناء حجمه 2L سـخن 1.4 mole من مزيج من الغازات HBr و H_2 و Br_2 الى درجة حرارة معينة حتى وصل التفاعل حالة الاتزان. فاذا علمت ان ثابت الاتزان لتكوين مول واحد من HBr من غازي H_2 و Br_2 بدلالة الضغوط الجزئية K_p يساوي 0.25 فما عدد مولات المواد الناتجة والمتبقية في الاناء عند الاتزان.

الحـــل

بما أن في السؤال لم يرد اتجاه التفاعل فأننا نستطيع كتابة المعادلة الموزونة للتفاعل بأية طريقة لذا سنختار ان يكون HBr هو المادة الناتجة من تفاعل H_2, Br_2 . ويمكن اختيار العكس أي ان نجعل HBr يتفكك لينتج H_2, Br_2 .

معادلة التفاعل $H_2 + Br_2 \rightleftharpoons 2HBr$

$$\frac{1}{2}H_2 + \frac{1}{2}Br_2 \rightleftharpoons HBr \qquad K_p = 0.25$$

$$\Delta n_g = \sum n_g(Products) - \sum n_g(Reactants)$$

$$= 1 - 1 = 0.0$$

$$K_c = K_p$$

$$\frac{1}{2}H_2 + \frac{1}{2}Br_2 \rightleftharpoons HBr \qquad K_{c1} = 0.25$$

$$H_2 + Br_2 \rightleftharpoons 2HBr \qquad K_{c2} = ?$$

$$K_{c2} = (K_{c1})^2$$

$$K_{c2} = 0.0625$$

$$M = \frac{n}{v}$$

تراكيز المواد الابتدائية

$$= \frac{1.4}{2} = 0.7 \ \ mol / L$$

	$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$		
التركيز / M	$[H_2]$	$[Br_2]$	$[HBr]$
تراكيز ابتدائية	0.7	0.7	0.7

$$Q = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]}$$

$$Q = \frac{[0.7]^2}{[0.7][0.7]} = 1$$

بما ان قيمة Q اكبر من قيمة Kc فأن اتجاه التفاعل نحو المتفاعلات

	$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$		
التركيز / M	$[H_2]$	$[Br_2]$	$[HBr]$
تراكيز ابتدائية	0.7	0.7	0.7
تغير بالتركيز	+x	+x	−2x
تراكيز اتزان	0.7+x	0.7+x	0.7−2x

$$K_c = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]}$$

$$0.0625 = \frac{[0.7 - 2x]^2}{[0.7 + x]^2}$$

$$0.25 = \frac{0.7 - 2x}{0.7 + x}$$

$$0.175 + 0.25x = 0.7 - 2x$$ تقريباً

$$2.25x = 0.525$$

$$x = \frac{0.525}{2.25} = 0.233$$

عند الاتزان $[HBr] = 0.7 - 2x$

$$= 0.7 - 2 \times 0.233 = 0.234 \ \ mol / L$$

عند الاتزان $[Br_2][H_2] = 0.7 + x$

$$= 0.7 + 0.233 = 0.933 \ mol / L$$

وبما اننا نريد حساب عدد المولات الناتجة نضرب التراكيز الناتجة في الحجم (2L) اي:

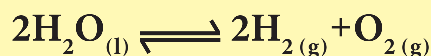
n HBr = 2 × 0.234 = 0.468 mole

n H_2 = 2 × 0.933 = 1.866 mole

n Br_2 = 2 × 0.933 = 1.866 mole

تمرين 16-4

احسب ثابت الاتزان K_p للتفاعل الآتي عند درجة حرارة $25^\circ C$ وضغط 11atm.



$$2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons 2H_{2\,(g)} + O_{2\,(g)}$$

اذا علمت ان الطاقة الحرة القياسية لتكوين الماء هي:

$$\Delta G^\circ_f(H_2O) = -237 kJ/mol$$

وبين هل يحدث هذا التفاعل تلقائياً في درجة حرارة $25^\circ C$.

الحــــل

$$\Delta G^\circ = \sum \Delta G_f^\circ \text{ نواتج} - \sum \Delta G_f^\circ \text{ متفاعلات}$$

$$= \left(\Delta G_f^\circ{}_{H_2} \times 2 + \Delta G_f^\circ{}_{O_2}\right) - \left(\Delta G_f^\circ{}_{H_2O} \times 2\right)$$

$$= (0.0) - (-237 \times 2) = +474 \ K_J$$

$$\Delta G^\circ \ J = \Delta G^\circ k \ J \times \frac{1000 \ J}{1K.J}$$

$$\Delta G^\circ \ J = 474 \ \cancel{KJ} \times \frac{1000s}{1 \ \cancel{KJ}}$$

$$= 474000 J$$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_{eq}$$

$$474000 = -(8.314 \times 298) \ln K_{eq}$$

$$\ln K_{eq} = \frac{474000}{-2477.57} = -191.3$$

$$K_{eq} = 1.2 \times 10^{-83}$$

وهذه القيمة صغيرة جداً مما يعني ان ذلك التفاعل لايحدث تلقائياً

السؤال 4 - 17

ثابت الاتزان K_c يساوي 19.9 بدرجة حرارة 2500K للتفاعل المتزن :



$$Cl_{2(g)} + F_{2(g)} \rightleftharpoons 2ClF_{(g)}$$

ماذا يحدث لحالة الاتزان اذا كانت تراكيز الخليط $[Cl_2] = 0.2M$ و $[F_2] = 1M$ و $[ClF] = 1.2M$.

الحـــل

$$Q = \frac{[ClF]^2}{[Cl_2][F_2]}$$

$$= \frac{[1.2]^2}{[0.2][1]}$$

$$Q = 7.2$$

قيمة Kc اكبر من قيمة Q لذا نتوقع ان ينزاح التفاعل نحو الامام حتى تتساوى قيمة Q مع Kc ليرجع التفاعل نحو الاتزان مرة اخرى.

السؤال 4 - 30

في وعاء مغلق حجمه لتر واحد يتفاعل غاز CO مع بخار الماء وتكون غاز CO_2 و H_2 بدرجة حرارة 700K. ما تراكيز خليط الغازات عند وصولها الى حالة الاتزان اذا تم وضع مول واحد من كل من المتفاعلات والنواتج علماً إن ثابت الاتزان K_c لهذا التفاعل يساوي 5.29 .

الحـــل

$$M\,(mol/L) = \frac{n\,(mol)}{V(L)} = \frac{n\,(mol)}{1(L)} = n\,(mol)$$

اي عدد المولات يساوي التركيز المولاري

	$CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + H_{2(g)}$			
التركيز / M	$[CO]$	$[H_2O]$	$[CO_2]$	$[H_2]$
التراكيز الابتدائية	1	1	1	1

نجد حاصل التفاعل

$$Q = \frac{[H_2][CO_2]}{[CO][H_2O]}$$

$$Q = \frac{1 \times 1}{1 \times 1} = 1$$

نلاحظ ان قيمة حاصل التفاعل اقل من قيمة ثابت الاتزان ولكي يصل التفاعل الى حالة الاتزان فأن التفاعل يتجه بأتجاه النواتج (امامي).

	$CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + H_{2(g)}$			
التركيز / M	[CO]	$[H_2O]$	$[CO_2]$	$[H_2]$
التراكيز الابتدائية	1	1	1	1
التغيير في التراكيز	−x	−x	+x	+x
التراكيز عند الاتزان	1 − x	1 − x	1+ x	1+ x

$$K_{cs} = \frac{[H_2][CO_2]}{[CO][H_2O]}$$

$$5.29 = \frac{(1 + x)^2}{(1 - x)^2}$$

$$x = 0.394 \text{ mol/L}$$

تركيز H_2 و CO عند الاتزان = 0.606 mol/L

تركيز H_2O و CO_2 عند الاتزان = 1.394 mol/L

تمرين 4-17

للتفاعل المتزن الاتي:



$$2BrF_{5(g)} \rightleftharpoons Br_{2(g)} + 5F_{2(g)}$$

ΔH للتفاعل تساوي 858kJ عند درجة حرارة 1000K و K_p للتفاعل تساوي 7.4×10^{-16} . بين هل قيمة K_p عند 1500K للتفاعل اكبر ام اقل من قيمتها عند 1000K للتفاعل نفسه

الحل

من قيمة ΔH نعرف أن التفاعل ماص للحرارة وعند رفع درجة الحرارة على التفاعل فانه يتجه نحو اليمين وذلك للتخلص من الفائض في درجة الحرارة وبالآتي تزداد تراكيز النواتج عند الاتزان وتقل تراكيز المتفاعلات وبالآتي تزداد Kp لهذا التفاعل بدرجة حرارة 1500K

السؤال 4 - 33

وضح الفرق بين ΔG و ΔG° واكتب العلاقة بينهما. متى تكون قيمة ΔG تساوي ΔG° اثبت ذلك حسابياً؟

الحــــل

ΔG هي مقدار التغيير بالطاقة الحرة مقاسة بظروف غير قياسية

ΔG° هي مقدار التغيير بالطاقة الحرة مقاسة بظروف قياسية (STP) والعلاقة بينهما هي

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$$

تكون قيمة $\Delta G = \Delta G^\circ$ عندما قيمة حاصل التفاعل $Q = 1$

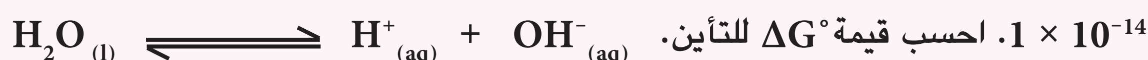
$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln 1$$

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \times 0$$

$$\Delta G = \Delta G^\circ + 0$$

السؤال 4 - 34

اذا علمت ان ثابت التأين الذاتي للماء عند درجة حرارة 25°C وضغط 1atm تســــاوي 1×10^{-14}. احسب قيمة ΔG° للتأين.



$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

الحــــل

T(K) = t(°C) + 273 = 23 + 273 = 296 K

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_{eq}$$

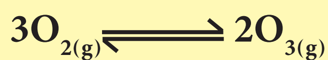
$$\Delta G^\circ = -(8.314 \times 298) \ In\ 10^{-14}$$

$$\Delta G^\circ = -2460.9 \times In\ 10^{-14}$$

$$\Delta G^\circ = 79881.75\ J/moL$$

تمرين 4-18

للتفاعل المتزن الاتي:



$$3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3(g)}$$

$\Delta H = 428\ kJ/mol$

ماتأثير كل من العوامل الآتية على حالة الاتزان وثابت الاتزان؟

1) زيادة الضغط على التفاعل وذلك بإنقاص حجم الإناء.

2) زيادة الضغط بإضافة مزيد من O_2 إلى النظام.

3) خفض درجة الحرارة.

4) إضافة عامل مساعد.

الحـــل

العامل	حالة الاتزان	ثابت الاتزان
1) زيادة الضغط	ينزاح باتجاه النواتج	لايتأثر
2) اضافة مزيد من O_2	ينزاح باتجاه النواتج	لايتأثر
3)خفض درجة الحرارة	ينزاح باتجاه المتفاعلات	تقل قيمته
4) اضافة عامل مساعد	لاتتأثر حالة الاتزان	لايتأثر

تمرين 4-19

يصل مزيج الغازات C_2H_4 و H_2 و C_2H_6 الموضوعة في وعاء مغلق عند $25°C$ الى حالة الاتزان كما في التفاعل الاتي:



$$C_2H_{4(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons C_2H_{6(g)} + 137\ kJ/mol$$

صف عدد من الاجراءات التي تؤدي لرفع كمية C_2H_6 الناتجة من هذا التفاعل.

الحـــل

للحصول على كميات أكبر من الايثان C_2H_6 يجب اتباع الخطوات الاتية:

1) أن تمّ المحافظة على تركيز غازي H_2 , C_2H_4 عال دائماً أثناء التفاعل بشكل مستمر .

2) سحب غاز C_2H_6 بمجرد تكونه وبشكل مستمر من خليط الاتزان .

3) التحكم بدرجة الحرارة بحيث لاترتفع عن المعدل المطلوب ولكون التفاعل باعث للحرارة يجب التبريد المستمر للتفاعل .

4) اضافة عامل مساعد للوصول الى حالة الاتزان بسرعة اكبر (هذه الحالة يجب ان تكون قبل ان يصل التفاعل الى حالة الاتزان) .

5) زيادة الضغط على اناء التفاعل أو تقليل حجمه .

السؤال 4-6

التفاعل الغازي المتزن الاتي: $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$

انثالبي التفاعل تساوي 92.5 kJ/mole ماتأثير كل من العوامل الآتية على حالة الاتزان وثابت الاتزان:

1 - خفض درجة الحرارة.

2 - اضافة زيادة من Cl_2 الى خليط الاتزان.

3 - سحب PCl_3 من خليط الاتزان.

4 - زيادة الضغط على خليط الاتزان.

5 - اضافة عامل مساعد.

الحـــل

العامل	حالة الاتزان	ثابت الاتزان
1 - خفض درجة الحرارة .	ينزاح باتجاه التفاعل الباعث للحرارة اي نحو الخلف .	تقل قيمته
2 - اضافة زيادة من CL_2 إلى خليط التوازن.	يزداد تركيز النواتج لذا يتخلص التفاعل من الفائض بتحويل قسم من النواتج الى متفاعلات لذا ينزاح نحو الخلف .	لا تتأثر قيمته
3 - سحب PCL_3 من خليط الاتزان.	تقل تراكيز النواتج لذا قسم من PCL_5 بتفكك لتعويض هذا النقص لذا ينزاح التفاعل نحو الامام .	لا تتأثر قيمته
4 - زيادة الضغط على خليط الاتزان .	ينزاح التفاعل نحو المولات الاقل لذا ينزاح نحو الخلف.	لاتتأثر قيمته
5 -اضافة عامل مساعد	يصل التفاعل بزمن اقل الى حالة الاتزان ولكن موضع الاتزان لا يتأثر .	لاتتأثر قيمته

السؤال 4-5 ما تأثير زيادة الضغط على كل من التفاعلات الاتية المتزنة على فرض أنها تجري في إناء مغلق وبدرجة حرارة ثابتة.



1 - $2B_{(s)} \rightleftharpoons A_{(s)}$



2 - $B_{(l)} \rightleftharpoons 2A_{(l)}$



3 - $B_{(g)} \rightleftharpoons A_{(s)}$



4 - $B_{(g)} \rightleftharpoons A_{(g)}$



5 - $2B_{(g)} \rightleftharpoons A_{(g)}$

الحـــل

1 - لايتأثر الاتزان بزيادة الضغط لأن المواد المتفاعلة والناتجة في حالة صلبة .

2 - لايتأثر الاتزان بزيادة الضغط لان المواد المتفاعلة والناتجة في حالة سائلة .

3 - ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات ، لأنها المولات الاقل .

4 - لايتأثر الاتزان بزيادة الضغط لان قيمة $\Delta n_g = 0$

5 - ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات ، لانها المولات الاقل .

السؤال 4-8 هل يؤدي دائماً رفع درجة حرارة اي تفاعل في حالة اتزان الى زيادة في تراكيز النواتج؟ اذا كانت اجابتك بالنفي فما التفاعلات التي تؤدي او لاتؤدي الى زيادة النواتج؟ بيّن ذلك مع ذكر أمثلة.

الحـــل لا يودي رفع درجة حرارة اي تفاعل في حالة اتزان الى زيادة في تراكيز النواتج ومن امثلة ذلك :

1 - التفاعلات التي يؤدي رفع درجة الحرارة الى زيادة تراكيز النواتج هي التفاعلات التي قيمة انثالبي التفاعل لها موجبة حيث تستخدم المتفاعلات الحرارة الفائضة لغرض تكوين النواتج ، فيزداد تركيز المواد الناتجة .

2 - التفاعلات التي لا يؤدي رفع درجة الحرارة الى زيادة تراكيز النواتج هي التفاعلات التي قيمة انثالبي التفاعل لها سالبة . حيث تستخدم النواتج الحرارة الفائضة لغرض تكوين المتفاعلات ، فيقل تركيز المواد الناتجة .

السؤال 7-4

التفاعل المتزن الاتي: $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$ انثالبي التفاعل تساوي -198.2 kJ. ماذا يحدث لتراكيز SO_2 و O_2 و SO_3 عند الاتزان بعد.

1 - زيادة درجة حرارة التفاعل.

2 - خفض الضغط المسلط على التفاعل.

3 - زيادة تركيز SO_2 في خليط الاتزان.

4 - اضافة عامل مساعد.

الحــــل



$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$$

العامل	$[SO_2]$	$[O_2]$	$[SO_3]$
1 - زيادة درجة الحرارة	يزداد تركيزه	يزداد تركيزه	يقل تركيزه
2 - خفظ الضغط المسلط على التفاعل	يزداد تركيزه	يزداد تركيزه	يقل تركيزه
3 - زيادة تركيز SO_2 في خليط الاتزان	يقل تركيزه بعد الزيادة	يقل تركيزه	يزداد تركيزه
4 - اضافة عامل مساعد	لا يتأثر	لا يتأثر	لا يتأثر

ملاحظة : لا بد من أن نشير إلى ان التغيير بالتراكيز او عدم تأثيرها يأتي بعد وصول التفاعل الى حالة الاتزان ، فحسب قاعدة لو شاتليه سوف يختل التوازن ويعود مرة اخرى الى حالة اتزان جديدة

السؤال 4-9

ماتأثير زيادة الضغط الكلي في التفاعلات المتزنة الاتية:

1 - تفاعل فيه عدد المولات للغازات الناتجة أكبر من عدد مولات الغازات المتفاعلة.

2 - تفاعل فيه عدد المولات للغازات الناتجة اصغر من عدد مولات الغازات المتفاعلة.

3 - تفاعل فيه عدد المولات للغازات الناتجة مساوٍ لعدد مولات الغازات المتفاعلة.

4 - تفاعل جميع المواد المتفاعلة او الناتجة في حالة صلبة وآخر جميع المواد المتفاعلة او الناتجة في حالة سوائل نقية.

الحـــل

زيادة الضغط يجعل التفاعل المتزن ينزاح باتجاه عدد المولات الاقل في معادلة التفاعل لذا .

1 - ينزاح التفاعل باتجاه المتفاعلات (خلفي) .

2 - ينزاح التفاعل باتجاه النواتج (امامي) .

3 - لاتتأثر حالة الاتزان لان قيمة $\Delta n_g = 0$

4 - لا تتأثر حالة الاتزان في الحالتين لان التغيير بالضغط يؤثر فقط في المواد التي تكون في حالتها الغازية .

السؤال 4-10

التفاعل الاتي الماص للحرارة يجري في اناء مغلق



$CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + CaO_{(s)}$ ماذا يحدث للتفاعل المتزن عند الآتي:

1 - تقليل حجم الاناء .

2 - اضافة مزيد من CaO لخليط الاتزان.

3 - سحب جزء من $CaCO_3$ من خليط الاتزان.

4 - اضافة مزيد من CO_2 الى خليط الاتزان.

5 - زيادة درجة الحرارة.

الحـــل

العامل	حالة الاتزان
1 - تقليل حجم الاناء	ينزاح التفاعل باتجاه المولات الاقل في معادلة التفاعل لذا ينزاح بالاتجاه الخلفي .
2 - اضافة مزيد من CaO لخليط الاتزان	لايؤثر على حالة الاتزان .
3 - سحب جزء من $CaCO_3$ من خليط الاتزان	لايؤثر على حالة الاتزان .
4 - اضافة مزيد من CO_2 الى خليط الاتزان	ينزاح التفاعل باتجاه المتفاعلات (اتجاه خلفي).
5 - زيادة درجة الحرارة	يتم التخلص من الفائض بدرجة الحرارة بانزياح التفاعل المتزن باتجاه الماص للحرارة لذا ينزاح التفاعل بالاتجاه الامامي .

السؤال 4 - 13

للتفاعل المتزن:



$$2B_{(g)} \rightleftharpoons A_{(g)}$$

من خلال الجدول الآتي. احسب K_p و K_c للتفاعل بدرجات الحرارة المختلفة ثم بين هل التفاعل ماص ام باعث للحرارة

	A/(mole/L)	B/(mole/L)	درجة الحرارة/ °C
1	0.0125	0.843	200
2	0.171	0.764	300
3	0.250	0.724	400

الحـــل

$$K_c = \frac{[B]^2}{[A]}$$

$$= \frac{(0.843)^2}{(0.0125)}$$

$$K_c = 56.85$$

$$K_c = \frac{(0.764)^2}{(0.171)}$$

$$K_c = 3.41$$

$$K_c = \frac{(0.724)^2}{(0.250)}$$

$$K_c = 2.09$$

$$\Delta n_g = \sum n_g(\text{Products}) - \sum n_g(\text{Reactants})$$

$$\Delta n_g = 2 - 1 = 1$$

$$T(K) = t(°C) + 273 = 200 + 273 = 473$$

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n_g}$$

$$K_p = 56.85\ (0.082 \times 473)^1$$

$$K_p = 56.85 \times 38.78$$

$$K_p = 2204.64$$

$$T(K) = t(°C) + 273 = 300 + 273 = 573$$

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n_g}$$

$$= 3.41\ (0.082 \times 573)^1$$

$$= 3.41 \times 47$$

$$K_p = 160.27$$

$$T(K) = t(°C) + 273 = 400 + 273 = 673$$

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n_g}$$

$$= 2.09\ (0.082 \times 673)^1$$

$$= 2.09 \times 55.18$$

$$K_p = 115.32$$

التفاعل باعث للحرارة يمكن التكهن بذلك حيث :

1) نلاحظ من قيمة Kc كلما ارتفعت درجة الحرارة انخفضت قيمته اي ان التفاعل انزاح بالاتجاه الخلفي، وبما أنه بارتفاع درجة الحرارة ينزاح الاتزان باتجاه الماص، اذن التفاعل الخلفي ماص للحرارة نستنتج ان التفاعل الامامي باعث للحرارة.

2) نلاحظ من الجدول أن تركيز المواد الناتجة كلما زادت درجة الحرارة انخفضت وتراكيز المواد المتفاعلة ازدادت اذن التفاعل انزاح بالاتجاه الخلفي بزيادة درجة الحرارة اي انزاح نحو الماص لذا فالتفاعل الامامي باعث للحرارة.

السؤال 4 - 22

للتفاعل الغازي الباعث للحرارة

$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$$

وفي اناء تفاعل حجمه لتر واحد وضعت مولات متساوية من H_2 و Br_2 وضعفها من HBr ، فوجد ان حرارة الاناء ارتفعت لحين استتباب حالة الاتزان ووجد ان الاناء يحتوي على 1 mole من HBr و 2 mole من Br_2 و 2 mole من H_2 احسب :

1 - تراكيز مكونات مزيج التفاعل قبل بدء التفاعل.

2 - K_c للتفاعل .

الحــــل

$$M\ (mol/L) = \frac{n\ (mol)}{V(L)} = \frac{n\ (mol)}{1(L)} = n\ (mol)$$

اي عدد المولات = التركيز المولاري

بما ان حرارة التفاعل ارتفعت بعد وضع المواد أي ان التفاعل اتجه نحو الباعث . وبما أن التفاعل باعث للحرارة اذن التفاعل اتجه نحو الأمام

	$2HBr_{(g)} \rightleftharpoons$	$H_{2(g)}$ +	$Br_{2(g)}$
التركيز / M	$2[HBr]$	$[H_2]$	$[Br_2]$
التراكيز الابتدائية	2y	y	y
التغيير في التراكيز	-2x	+x	+x
التراكيز عند الاتزان	1	2	2

$y + x = 2$

$2y - 2x = 1$

وبحل المعادلتين الانيتين نجد ان قيمة y

$y = 1.25 \ mol/L$

وهذه تمثل تركيز كل من H_2 و Br_2 في بداية التفاعل .

$$K_{c1} = \frac{[H_2][Br_2]}{[HBr]^2} = \frac{(2)(2)}{(1)^2} = 4$$

السؤال 4 - 28

في إناء مغلق حجمه لتر واحد أجري التفاعل الآتي: $H_{2(g)} + I_{2(g)} \underset{k_b}{\overset{k_f}{\rightleftharpoons}} 2HI_{(g)}$ عند 490°C كان ثابت سرعة التفاعل الأمامي k_f=0.6256 وثابت سرعة التفاعل الخلفي k_b يساوي 0.0136 وأن ثابت الاتزان للتفاعل بدرجة 872K يساوي 59، بين كيف يتأثر عدد مولات HI عند الاتزان بما يأتي من إجراءات:

أ) إضافة مزيد من H_2.

ب) انخفاض درجة الحرارة.

جـ) إزاحة بعض من I_2.

الحـــل

$$Keq = \frac{K_f}{K_b} = \frac{0.6256}{0.0136}$$

Keq=46

اي ان ثابت الاتزان للتفاعل بدجة $490c°$ قيمة تساوي 46 وان ثابت الاتزان للتفاعل بدرجة 872K اصبحت قيمة تساوي 59 اذن ثابت الاتزان قيمته ازدادت عند تسخين التفاعل.
من هذا نستنتج ان التفاعل انزاح نحو الامام عند التسخين ونحن نعلم ان التفاعل المتزن عند التسخين يتجه نحو الماص،إذا الامامي ماص للحرارة والخلفي باعث لها لذا تكون انثالبية التفاعل قيمتها موجبة اي التفاعل ماص للحرارة.

أ- عند اضافة مزيد من H_2 ستزداد تراكيز المتفاعلات وللتخلص من اثار الزيادة يتحول قسم من المتفاعلات بعد الاضافة الى نواتج. من هذا نستنتج انه ستزداد عدد مولات HI .

ب- عند خفض درجة الحرارة سيتجه التفاعل نحو الباعث ولأن الباعث في هذا التفاعل الخلفي لذلك سيتفكك قسم من HI وبالآتي تقل عدد مولاته.

د- عند ازاحة بعض من تركيز I_2 ستقل تراكيز المتفاعلات لذا سينزاح التفاعل نحوها اي ستقل عدد مولات HI نتيجة تفككه.

السؤال 4 - 31

للتفاعل $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$ ثابت الاتزان K_c لهذا التفاعل يساوي 6×10^{-3} عند درجة حرارة 298K ولكنه يساوي 1.5×10^{-2} عند درجة حرارة $35°C$ هل تفكك رابع اوكسيد ثنائي النتروجين باعث ام ماص للحرارة؟

الحـــل

نلاحظ ان قيمة Kc قد ازدادت بعد رفع درجة الحرارة اي أن التفاعل اتجه نحو الامام. ونحن نعلم عند رفع درجة الحرارة إن التفاعل سيتجه نحو الماص، فنستنتج ان الامامي ماص والخلفي باعث، لذا فإنَّ تفكك رابع اوكسيد ثنائي النتروجين هو تفاعل ماص للحرارة.

السؤال 4 - 32

للتفاعل المتزن الاتي: $2SO_{3\,(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$ وجد ان خليط الاتزان بدرجة حرارة 25°C يحتوي على: $[SO_3] = 0.008$ mole/L و $[SO_2] = 0.02$ mole/L و $[O_2] = 0.01$ mole/L وعند تبريد التفاعل الى 10°C وجد ان K_c للتفاعل يساوي 4 بين هل التفاعل باعث ام ماص للحرارة.

الحل

$$Kc = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]}$$

$$= \frac{[0.008]^2}{[0.02]^2[0.01]}$$

Kc = 16

نلاحظ انه بعد تبريد التفاعل ان قيمة Kc اصبحت 4 اي ان قيمته قلت. اذن اتجه التفاعل نحو الخلف وبما اننا نعلم عند تبريد التفاعل فأنه يتجه نحو الباعث، اي ان الخلفي باعث والامامي ماص لذا نستنتج أن التفاعل ماص للحرارة.

السؤال 4-1

املأ الفراغات في الجمل الآتية بما يناسبها:

1 - في التفاعل المتزن الاتي: $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 92\ kJ$

فأن خفض درجة الحرارة يؤدي الى زيادة تراكيز المواد ________ .

2 - اذا كانت قيمة ثابت الاتزان K_c لنظام متزن عند $500°C$ تساوي 2×10^{-15} وقيمته عند $200°C$ تساوي 4×10^{-12} فإن ذلك يدل على ان التفاعل ________ للحرارة.

3 - في التفاعل المتزن الاتي: $CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_3OH_{(g)} + 127\ kJ$

عندما يضاف الهيدروجين الى هذا النظام المتزن فإن حرارة التفاعل ________ .

4 - في التفاعلات الانعكاسية الباعثة للحرارة يزاح موضع الاتزان نحو تكوين المواد المتفاعلة في التفاعل عند ________ درجة الحرارة.

5 - في التفاعل المتزن : $CO_{2(g)} + C_{(s)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$

فإن ________ الضغط يزيد من استهلاك غاز CO_2.

6 - في التفاعل المتزن : $N_{2(g)} + O_{2(g)} + 180\ kJ \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$

فإن رفع درجة الحرارة لإناء التفاعل يعمل على ________ قيمة K_c للتفاعل.

7- التغيير بـ ________ لايؤثر على حالة الاتزان للتفاعل المتزن الأتي:

$N_{2(g)} + O_{2(g)} + 180\ kJ \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$

8 - للتفاعل المتزن: $Cl_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)} +$ طاقة

يمكن زيادة تركيز HCl الناتج عند ________ الحرارة للتفاعل.

9 - في التفاعل المتزن: $2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$ وبدرجة حرارة معينة اذا كانت قيمـــة K_p للتفاعل = 3 والضغط الجزئي لغاز NO_2 يساوي 3 فإن الضغط الجزئي لغاز N_2O_4 يساوي ________

10 - في التفاعل المتزن الاتي: $4NH_{3(g)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2N_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$

بدرجة حرارة معينة وجد K_c للتفاعل = 1×10^{28} فهذا يدل على أن موضع الاتزان يقع في اتجاه تكوين ________ .

11 - عندما تكون K_p أصغر من K_c فإن مجموع عدد مولات المواد المتفاعلة ________ من مجموع عدد مولات المواد الناتجة.

12 - اذا كان حاصل التفاعل عند نقطة معينة من التفاعل أصغر من ثابت الاتزان K_c للتفاعل فأن التفاعل يتجه نحو المواد ________ .

13 - عند رفع الضغط الكلي على حالة اتزان لتفاعل فيه عدد المولات للغازات المتكونة اصغر من عدد مولات الغازات الناتجة فإن موضع الاتزان ينحرف باتجاه ________ .

14 - العلاقة بين ثابت الاتزان K_c وتراكيز النواتج علاقة ________ .

15 - عند خفض الضغط في خليط متزن $(\Delta n_g = -1)$ فالتفاعل ينزاح نحو ________ وثابت الاتزان K_c ________ .

16 - تفاعل متزن ثابت اتزانه $K_c = 4$ فعند سحب النواتج من خليط الاتزان فأن ثابت الاتزان ________.

17 - عندما $\Delta n_g =$ ________ لايكون للضغط المسلط على التفاعل الغازي تأثير في حالة الاتزان.

18 - يترجح التفاعل ________ لتفاعل متزن ماص للحرارة عند تبريد اناء التفاعل.

19 - في التفاعلات الماصة للحرارة والتي هي في حالة اتزان ديناميكي تزداد تراكيز المواد الناتجة عند ________ درجة الحرارة.

20 - في تفاعل متزن وجد ان $K_c = \frac{K_P}{RT}$ ما يدل على ان مجموع مولات المواد الغازية الناتجة في هذا التفاعل ________ من مجموع مولات المواد الغازية المتفاعلة.

الحـــل

1- الناتجة .

2- باعث .

3- ترتفع.

4- رفع (زيادة).

5- خفض (تقليل).

6- خفض.

7- الضغط.

8- خفض (تقليل).

9- 3atm.

10- لمواد الناتجة.

11- اكبر .

12- الناتجة .

13- المتفاعلات.

14- طردية .

15- المتفاعلات و لايتأثر .

16- لايتأثر .

17- صفر .

18- الخلفي .

19- زيادة .

20- اكبر .

السؤال 4-12

التفاعل الآتي يجري بدون عامل مساعد: $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$

وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان الضغوط الجزئية $P_{NO_2} = 1.56\ atm$ و $P_{N_2O_4} = 0.377\ atm$ عند درجة حرارة $100°C$ أحسب :

1 - K_p و K_c للتفاعل .

2 - ماذا يحدث للضغوط الجزئية للغازات في خليط الاتزان بعد اضافة العامل المساعد.

الحـــل

$$K_p = \frac{P^2_{NO_2}}{P_{N_2O_4}}$$

$$= \frac{(1.56)^2}{0.377}$$

$$K_p = 6.46$$

$$\Delta n_g = \sum n_g(Products) - \sum n_g(Reactants)$$

$$\Delta n_g = 2 - 1 = 1$$

$$T(K) = t(°C) + 273 = 100 + 273 = 373\ K$$

$$K_c = K_p\ (RT)^{-\Delta n_g}$$

$$= 6.46\ (0.082 \times 373)^{-1}$$

$$= \frac{6.46}{30.58}$$

$$K_c = 0.21$$

2) عند اضافة العامل المساعد فان الضغوط الجزئية للغازات لا تتأثر. لأن العامل المساعد فقط يقلل من زمن وصول التفاعل الى حالة الاتزان.

السؤال 4-2

اختر الجواب الصحيح:

1 - ثابت الاتزان K_c للتفاعل المتزن: $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$ عند درجة حرارة 727°C تبلغ 4.17×10^{-2} . فإن اتجاه التفاعل عند خلط 0.4 M من SO_3 و 0.1 M مـن O_2 و 0.02 M من SO_2 تكون:

أ- بأتجاه المواد المتفاعلة.

ب- بأتجاه المواد الناتجة.

جـ- التفاعل في حالة اتزان ديناميكي.

د- كل الاجابات السابقة خاطئة.

2 - التفاعل المتزن: $CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons CaCO_{3(s)}$ يتم في وعاء مغلق فأن كمية $CaCO_3$ تزداد عندما:

أ- تزال كمية من غاز CO_2 من التفاعل عند الاتزان.

ب- يزداد الضغط الكلي.

جـ- تضاف كمية من CaO الى خليط الاتزان.

د- كل الاجابات السابقة خاطئة.

3 - التفاعل المتزن: $2IF_{(g)} \rightleftharpoons F_{2(g)} + I_{2(g)}$ ثابت الاتزان K_c يساوي 1×10^6 بدرجة حرارة 200K فاذا كان الضغط الجزئي عند الاتزان 0.2 atm لغاز IF و 10^{-3} atm $\times 4$ لغاز F_2 فأن الضغط الجزئي لغاز I_2 يساوي:

أ- 5×10^4 atm

ب- 1×10^{-5} atm

جـ- 1×10^5 atm

د- كل الاجابات السابقة خاطئة.

4 - اذا كانت قيمة K_c للتفاعل: $LiI_{(g)} \rightleftharpoons \frac{1}{2}I_{2(g)} + Li_{(g)}$ عند 300K تساوي 640.3 فإن قيمة K_c للتفاعل: $I_{2(g)} + 2Li_{(g)} \rightleftharpoons 2LiI_{(g)}$ عند درجة الحرارة نفسها تساوي.

أ- 25.3

ب- 41×10^4

جـ- 15.6×10^5

د- كل الاجابات السابقة خاطئة.

5 - عند مزج محلول K_2CrO_4 مع محلول HCl فإنه يصل الى حالة الاتزان حسب المعادلة الايونية الاتية:



$$2CrO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2H^+{}_{(aq)} \rightleftharpoons Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

اصفر　　　　برتقالي

فإذا اردنا ان نجعل اللون البرتقالي هو السائد في الاناء فأننا نقوم بالآتي:

أ- نضيف مزيد من الماء

ب- نضيف مزيد من HCl

جـ- نضيف مزيد من $K_2Cr_2O_7$

د- كل الاجابات السابقة خاطئة.

6 - عند اضافة محلول NaOH الى المزيج في السؤال السابق فأننا نتوقع أن يحدث.

أ- زيادة بتركيز $Cr_2O_7^{2-}$.

ب- زيادة بتركيز HCl .

جـ- نقص بتركيز $Cr_2O_7^{2-}$.

د- كل الاجابات السابقة خاطئة.

7 - للتفاعل المتزن: $2NH_{3(g)} + 92kJ \rightleftharpoons N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$ قيمة K_p للتفاعل عند 25°C تساوي 5.5×10^{-5} لذا فإن قيمة K_c للتفاعل تساوي

أ- 22513.3

ب- 9×10^4

جـ- 0.03

د- كل الاجابات السابقة خاطئة.

8 - للتفاعل المتزن: $2Br_{(g)} \rightleftharpoons Br_{2(g)}$ قيمة K_p عند الاتزان 2558.4 بدرجة حرارة 4000K وقيمة K_f للتفاعل بدلالة التراكيز المولارية تساوي 1.56 فإن قيمة K_b تساوي:

أ- 0.2

ب- 20

جـ- 7.8

د- كل الاجابات السابقة خاطئة.

9 - للتفاعل المتزن: $2HI_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + I_{2(g)}$ ثابت الاتزان $K_p = 2$ فإن التفاعل يتجه نحو النواتج عندما تكون التراكيز للمواد الناتجة والمتفاعلة (بوحدات mole/L) هي الآتي:

أ - تركيز HI يساوي 0.1 و ، تركيز I_2 يساوي 0.05 ، و تركيز H_2 يساوي 0.05

ب - تركيز HI يساوي 0.4 ، و تركيز I_2 يساوي 0.1 ، و تركيز H_2 يساوي 0.2

ج - تركيز HI يساوي 0.001 ، و تركيز I_2 يساوي 0.0002 ، وتركيز H_2 يساوي 0.0025

د - كل الاجابات السابقة خاطئة.

الحـــل

1- (أ)

2-(ب)

3- (ب)

4- (د)

5- (ب)

6- (جـ)

7- (حـ)

8- (د)

9- (د)

السؤال 4-3

علل مايأتي:

1 - زيادة حجم اناء التفاعل لتفاعل غازي $\Delta n_g\,(Reactants) < \Delta n_g\,(Products)$ يؤدي الى خفض المنتوج.

2 - في التفاعل الافتراضي المتزن: طاقة + $B_{(g)} \rightleftharpoons A_{(g)}$ لاتتغير حرارة اناء التفاعل عند زيادة الضغط الكلي.

3 - قيمة ثابت الاتزان للتفاعلات غير الانعكاسية تكون كبيرة جداً.

4 - لاتجف الملابس المبللة عند وضعها في حقائب مغلقة ولكنها تجف عند نشرها على حبل الغسيل.

5 - ترتفع درجة حرارة تفاعل ماص للحرارة عندما $K_c = 0.3$ و $Q = 1$.

6 - يُعَدُّ التفاعل باعثاً للحرارة اذا أنخفضت قيمة K_c للتفاعل عند زيادة درجة حرارة التفاعل.

7 - قيمة K_c تزداد عند رفع درجة حرارة التفاعل في حالة التفاعلات الماصة للحرارة.

8 - زيادة الضغط على خليط متوازن $(\Delta n_g = +1)$ فإن الاتزان ينزاح بأتجاه المتفاعلات.

9 - تتوقف بعض التفاعلات تماماً بينما تظهر تفاعلات اخرى وكأنها متوقفة.

10 - في التفاعل المتزن الاتي: $Cl_{2(g)} + SO_{2(g)} \rightleftharpoons$ طاقة + $SO_2Cl_{2(g)}$

ترتفع حرارة التفاعل عند اضافة SO_2 الى خليط الاتزان.

الحـــل

1 - عند زيادة حجم الاناء يتجه التفاعل نحو المولات الأكبر والتي هي في هذا التفاعل مولات المواد المتفاعلة لذا ستقل كمية المنتوج .

2 - عند زيادة الضغط يتجه التفاعل المتزن الى المولات الاقل ولأن في هذا التفاعل عدد مولات النواتج والمتفاعلات متساوي لذا لن يتأثر موضع الاتزان بزيادة الضغط. لن تتغير حرارة التفاعل حيث ان كمية الحرارة المفقودة تساوي كمية الحرارة المكتسبة .

3 - ثابت الاتزان يمثل النسبة بين تراكيز المواد الناتجة و تراكيز المواد المتفاعلة عند الاتزان مرفوعة الى اس يمثل عدد مولاتها ولأن التفاعلات غير الإنعكاسية يكون احد تراكيزها او جميعها للمواد المتفاعلة = صفر لأنها تستهلك تماماً لذا فالكمية الناتجة تكون كبيرة جداً لذا تكون قيمة ثابت الاتزان كبيرة جداً .

4 – الملابس التي تنشر على حبل الغسيل تمثل نظام مفتوح أي أن الماء الممتص جميعه سيتبخر لذا تجف الملابس . اما الملابس الموضوعة في حقيبة فأنها تمثل نظام مغلق حيث أن بخار الماء الناتج عن عملية التبخر سيبقى في هواء الحقيبة ولا يحدث امتصاص من قبل هذه الملابس مرة اخرى لذا تبقى مبللة .

5 – لان قيمة Q اكبر من قيمة K_c فالتفاعل سيتجه نحو المتفاعلات (الخلفي) . ولأن التفاعل ماص للحرارة ، فالتفاعل الخلفي باعث للحرارة ، اي تصبح كمية الحرارة المنبعثة بالاتجاه الخلفي اكبر من كمية الحرارة الممتصة بالاتجاه الامامي وتسبب ارتفاع حرارة التفاعل لذا سترتفع حرارة التفاعل .

6 – انخفاض قيمة K_c تعني أنخفاض تركيز النواتج وزيادة تركيز المواد المتفاعلة وهذا يعني أن التفاعل اتجه نحو الخلف ، لذا نستنتج ان التفاعل الخلفي ماص للحرارة والامامي باعث للحرارة ، لذا يُعدّ التفاعل باعثاً للحرارة .

7 – عند رفع درجة الحرارة فالتفاعل يتجه نحو الماص للتقليل من الفائض بدرجة الحرارة ، أي سيتجه التفاعل نحو الامام ، لذا تزداد النواتج ، ولأن K_c قيمته تتناسب طردياً مع تراكيز النواتج لذا تزداد قيمة K_c .

8 – Δn_g قيمتها موجبة فهذا يعني عدد مولات النواتج في المعادلة أكبر من عدد مولات المواد المتفاعلة ، وعند زيادة الضغط يتجه التفاعل نحو المولات الاقل ، لذا فانه يتجه نحو المواد المتفاعلة .

9 – التفاعلات التي تتوقف هي تفاعلات تامة ، لانه يحدث استهلاك تام لاحد او المواد المتفاعلة جميعها ، اما التي تظهر وكأنها متوقفة فهي تفاعلات مستمرة باتجاهين وصلت الى حالة الاتزان واصبحت التراكيز ثابته .

10 – عند اضافة SO_2 تزداد تراكيز النواتج فتبدأ بالتخلص من الفائض بتحويل قسم من تراكيزها الى SO_2Cl_2 اي ينزاح التفاعل نحو الخلف ولأن التفاعل ماص للحرارة فالخلفي باعث للحرارة اي انها تنتج حرارة تصبح كمية الحرارة المنبعثة بالاتجاه الخلفي اكبر من كمية الحرارة الممتصة بالاتجاه الامامي لذا ترتفع حرارة التفاعل .

الفصل الخامس

5

الاتزان الايوني

Ionic Equilibrium



مفردات الفصل الخامس

المفاهيم الاساسية

الالكتروليت Electrolyte

مادة يكون لمحلولها المائي او لمنصهرها قابلية على التوصيل الكهربائي وذلك لأحتوائه على ايونات.

الالكتروليت الضعيف Weak Electrolyte

مادة تكون قابلية محلولها المائي المخفف للتوصيل الكهربائي ضعيفة.

الحامض الضعيف Weak Acid

حامض لايتأين بشكل تام في محلوله المائي.

القاعدة الضعيفة Weak Base

قاعدة لاتتأين بشكل تام في محلولها المائي.

حامض احادي البروتون

هو الحامض الذي ينتج كل جزيء منه بروتون واحد فقط عند تفككه في الماء ويمكن ان يكون هذا الحامض قوياً او ضعيفاً. ان هذا يعني ان كل جزيء منه يحوي ذرة هيدروجين واحدة قابلة للتأثر.

حامض متعدد البروتون

هو الحامض الذي يمكن لكل جزيء منه ان ينتج بروتون او اكثر وعلى مراحل متعددة وغالباً مايكون البروتون الذي ينتج في الخطوة الاخيرة ضعيف (اضعف من البروتونات الناتجة من خطوات التفكك السابقة).

التأين الذاتي للماء

هو تفاعل كيميائي ينتقل فيه بروتون من جزيء ماء الى جزيء آخر ويكون ناتج تلك العملية في الماء النقي تكون اعداد متساوية من ايونات الهيدرونيوم H_3O^+ وايونات الهيدروكسيد HO^- .

الاس الهيدروجيني pH

هي طريقة ملائمة لقياس او للتعبير عن تركيز أيون الهيدروجين وخصوصاً لتراكيز ايون الهيدروجين الصغيرة التي تكون قيمتها اصغر او تساوي 1 M بدلالة سالب لوغاريتم التركيز المولاري لايون الهيدروجين في المحلول، ويرمز للناتج العددي لتلك القيم بالرمز pH.

التمذوب Solvolysis

هي عملية تفاعل الصنف المذاب مع جزيئات المذيب.

التحلل المائي Hydrolysis

هي عملية تفاعل الصنف المذاب مع جزيئات الماء وذلك عندما يكون الماء هو المذيب.

تأثير الايون المشترك

هي ظاهرة تقليل تفكك الالكتروليت الضعيفة الناتجة عن وجود الكتروليت قوي يحوي احد ايونات الالكتروليت الضعيف في المحلول نفسه .

درجة التفكك او درجة التأين

هي النسبة بين كمية الصنف المذاب المتفككة عند حالة الاتزان الى كمية الصنف المذاب الكلية.

محلول بفر Buffer Solution

محلول مائي مكون من مزيج لحامض ضعيف مع احد املاحه (القاعة القرينة للحامض الضعيف) او قاعدة ضعيفة مع احد املاحها (الحامض القرين للقاعدة الضعيفة) ويكون لهذا المزيج القابلية على مقاومة التغير في الاس الهيدروجيني (pH) عند اضافة كمية محدودة جداً من حامض قوي او قاعدة قوية اليه.

الذوبانية s Solubility

هي عدد مولات المادة التي تذوب في لتر واحد من المحلول المشبع للمادة (اي عند حالة الاتزان بين المادة الصلبة ومحلول المادة).

ثابت حاصل الذوبانية Solubility Product K_{sp}

هي الكمية الناتجة من حاصل ضرب التركيز المولارية (عند حالة الاتزان) للايونات الناتجة من تفكك المادة شحيحة الذوبان كلاً مرفوع الى أُس مساواً لعدد المولات المادة في المعادلة الكميائية الموزونة .

مقدمة شاملة

تُعد دراسة هذا الفصل همزة الوصل بين مفاهيم كيمياء المحاليل والاحماض والقواعد والاملاح التي درسها الطالب سابقاً ومفهوم الاس الهيدروجيني لمحاليل المواد المذكورة انفاً ومن ثم الدخول في دراسة المفاهيم الجديدة وهي المحاليل المنظمة وحاصل الاذابة وتلك تمثل احدى مفردات هذا الفصل

الاهداف التعليمية للفصل

في المجال المعرفي / بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على ان :

1 - يعرف المصطلحات الآتية :

المحلول المنظم، حاصل الاذابة، الايون المشترك، المحلول الالكتروليتي .

2 - يفسر عمل المحلول المنظم .

3 - يبين اهمية الايون المشترك في التفاعلات الانعكاسية .

4 - يصنف التحليل الحجمي تبعاً لنوع التفاعل .

5 - يستنتج قيم الاس الهيدروجيني لمحاليل الاحماض والقواعد والاملاح .

6 - يستخلص قانون حاصل الاذابة .

7 -يصنف المحاليل الالكتروليتية .

في المجال المهاري / بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على ان :

1 - يحضر محلول منظم بنشاط تجريبي .

2 - يطبق مفهوم حاصل الاذابة بمسألة رياضية .

3 - يعبر عن العلاقة المستخدمة في عمليات تفاعل التعادل بقانون كيميائي كتابةً .

4 - يستخدم الادوات والمواد الكيميائية بطريقة علمية وصحيحة .

5 - يحضر محاليل ذات تركيز معلوم .

في المجال الوجداني / بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على ان :-

1 - يقدر عظمة الخالق (سبحانه وتعالى) في دقة صنعه وحكمته في تنظيم تفاعلات كيميائية في جسم الانسان من خلال آلية دقيقة هي المحاليل المنظمة .

2 - يقدر دور العلم وجهود العلماء في تيسير حياة الانسان، من خلال اسهامات الكيمياء التحليلية في مجالي الطب والزراعة وغيرها .

3 - يتوخى الدقة عند اجراء التجربة في المختبر واجراء العمليات الحسابية في حل مسائل حاصل الاذابة .

4 - تبني العمل الجماعي والتعاون في اثناء قيام الطلبة بالتجارب العملية .

خطة أنموذجيّة مقترحة لدرس

الموضوع / المحاليل

الاهداف السلوكية للدرس

في المجال المعرفي / بعد الانتهاء من الدرس يكون الطالب قادراً على أن :

1 - يعرف المحلول الالكتروليتي .

2 - يصنف المحاليل الالكتروليتية .

3 - يعرف الأيون المشترك .

4 - يبين دور الايون المشترك في التفاعلات الانعكاسية كما في المحاليل المنظمة .

5 - يفسر عمل المحلول المنظم .

6 - يعرف المحلول المنظم .

7 - يعرف حاصل الاذابة .

8 - يستخلص قانون حاصل الاذابة .

9 - يستنتج قيم الاسس الهيدروجيني لمحاليل الاحماض والقواعد والاملاح .

في المجال المهاري / بعد الانتهاء من الدرس يكون الطالب قادراً على أن :

1 - يقوم بنشاط تجريبي عن المحلول المنظم .

2 - يطبق مفهوم حاصل الاذابة بمسألة رياضية .

3 - يحضر محاليل منظمة .

في المجال الوجداني / بعد الانتهاء من الدرس يكون الطالب قادراً على ان :

1 - يقدر عظمة الخالق (سبحانه وتعالى) في دقة صنعه وحكمته في تنظيم التفاعلات الكيميائية من خلال آلية دقيقة هي المحاليل المنظمة .

2 - يقدر دور العلم في تيسير حياة الانسان من خلال اسهامات الكيمياء التحليلية في مجالات عديدة مثل الطب والزراعة وغيرها .

3 - ينمي قدرته على التنبؤ والتفسير والتحليل عند اجراء النشاطات العقلية للدرس .

4 - يتوخى الدقة عند إجراء التجربة في المختبر واجراء العمليات الحسابية في حل مسائل حاصل الاذابة .

سير الدرس

التمهيد/

عزيزي المدرس للتمهيد للدرس ابدأ بمراجعة عامة امتداداً للمفاهيم التي درسها الطالب في السنوات السابقة، ولتنفيذ ذلك نقترح عليك، عرض امثلة لاحماض وقواعد شائعة، وتصنيفها تبعاً لدرجة تأينها الى تامة التأين أو ضعيفة التأين في المحاليل المائية ثم استنتاج قيم الاس الهيدروجيني لمحاليل الاحماض والقواعد مع اجراء حوار ومناقشة حول ماة الاملاح وتصنيفها تبعاً لناتج تميؤها، واستنتاج القيم المتوقعة لاسسها الهيدروجينية في محاليلها من خلال عرض لوحة لتدرج الاس الهيدروجيني ثم استنتاج المدى والموقع لكل من محاليل الاحماض والقواعد على هذا التدريج بفرض تركيز تلك المحاليل في حدود (0.1 mole/L) .

العرض /

يقوم المدّرس بطرح اسئلة لإِثارة الطّالب لموضوع الدرس ومنسجمة مع الاهداف وتتركز حول تأثير الايون المشترك الذي يحدث في محاليل الأَحماض والقواعد الضعيفة اي التي يحدث فيها حالة اتزان.

عزيزي المدّرس استغل خبرات الطلبة حول مبدأ لوشاتلية لتفسير تأثير الايون المشترك عند اجراء عملية المزج باعطاء مثال اثناء الشرح وحله كالاتي :





$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$



$$NH_4Cl_{(s)} \longrightarrow NH_4^+ + Cl^-$$

يمكنك توضيح الحل من خلال المعادلتين حيث يزداد تركيز ايونات الامونيوم،فتتحد بعض تلك الايونات مع ايونات الهيدروكسيد مكونة جزيئات غير متأينة من الامونيا وبهذا تقل تركيز $[OH^-]$ وتزداد قيمة الاس الهيدروجيني.

عرض عملي /

يُعد هذا العرض العملي تمهيداً لدراسة المحاليل المنظمة، يشرح تجربة المقارنة بين الماء المقطر ولتر من محلول الامونيا . واستنتاج ان المحاليل تختلف في مقاومتها للتغير في الاس الهيدروجيني وأنّ هناك محاليل محددة تقاوم هذا التغير، واثناء ذلك عليك عزيزي المدرس بادارة حوار ومناقشة لتعريف المحاليل المنظمة ثُمّ اطرح سؤال على طلبتك بهدف التفكير في توضيح عدم صلاحية الماء المقطر كمحلول منظم والمثال الآتي يوضح ذلك :

فكر / عند اضافة (1mL) من حامض الهيدروكلوريك تركيزه (0.1mol/L) اي الاس الهيدروجيني له (1) الى لتر من الماء المقطر PH=7، فان مولارية المحلول الناتج تكون:

$$M_{HCL} \times V_{HCL} = M'_{HCL} \times V'_{HCL}$$

$$0.1\ (mol/L) \times 1(mL) = M'_{HCL} \times 1000(mL)$$

$$M'_{HCL} = 0.0001\ mol/L$$

تصبح المولارية $M = 0.0001 mol/L$, اي $pH = 4$

اي يحدث نقص مقداره (3) وحدات pH وهو نقص كبير لذا لا يصلح الماء كمحلول منظم، وعند اضافة نفس الكمية من الحامض الى لتر من محلول الامونيا بتركيز 0.1M يكون المحلول الناتج له مقاومة للتغير بالاس الهيدروجيني وذلك لتكون محلول بفر .

يمكنك عزيزي المدّرس التطرق بعد ذلك الى حاصل الاذابة ويفضل باجراء حوار ومناقشة حول خبرات الطلبة عن المحلول المشبع وفوق المشبع، والتاكيد بعد ذلك على ان قانون حاصل الاذابة ينطبق على المحاليل شحيحة الذوبان، ثُّم أعرض على الطلبة جدولاً لقيم حاصل الاذابة للاطلاع فقط والإفادة منه لمعرفة امثلة لمواد شحيحة الذوبان، لكي يتدرب طلبتك على العلاقة الخاصة بحاصل الاذابة لكل منها ويطبق مبدأ الايون المشترك في تفسير ترسيب مادة من محلولها المشبع .

يتطرق المدرس بعد ذلك الى ماة المحلول المشبع من حيث عدم قدرته على اذابة كميات اخرى من المذاب عند درجة حرارة معينة ، ويحصل عندما يكون اتزان بين سرعة ذوبان المادة المذابة وسرعة ترسيبها ويذكر انما يلزم لتحضير محلول مشبع من NaCl هو اذابة 35.7g منه في 100mL بينما نجد ان كمية كلوريد الفضة اللازمة لتحضير محلول مشبع في الماء قليلة تصل الى 0.00015g في 100mL من الماء اذ نجد عند ذوبان المركب الايوني NaCl يؤكد على الاتزان الايوني الذي يوجد بين الحالة المتبلورة وغير المتبلورة فعند ذوبانه في الماء فأن الايونات تترك سطح البلورة وتدخل المحلول (بفرض ان قوة تجاذب لجزيئات الماء تفوق اكثر من التي بداخل البلورة) وفي بعض الأحيان أثناء تحرك الايونات غير المتبلورة (المتحدة بالماء) في المحلول فانها تصطدم مع البلورة وتلتصق بها .

وكلما زاد عدد الايونات في المحلول زادت الاصطدامات، وكلما ذاب الملح اكثر فأكثر فان المعدل الذي تدخل فيه الايونات المحلول يساوي المعدل الذي تعود به الايونات للحالة المتبلورة ويتشبع المحلول كما في المعادلة الآتية :



وبناءً على ذلك يوصف كلوريد الصوديوم بأنّه مادة ذائبة ويمكن تعيين درجة ذائبيتها بالطرق التحليلية العادية، اما كلوريد الفضة فيمكن وصفه بانه مادة شحيحة الذوبان ويصعب عندئذ تعيين درجة ذائبيتها بالطرائق العادية كونها كمية ضئيلة جدّاً منها تذوب في الماء، أمَّا الباقي فيترسب في قاع الإِناء وتنشأ حالة اتزان بين الجزء الصلب المترسب (غير الذائب) وبَين الذائب منه كما في المعادلة



ونظراً لكون الجزء الذائب قليل وان المحلول سيكون مخففاً جداً ، وأن هذا الجزء من كلوريد الفضة يكون تام التأين لذا يمكننا اجراء التعديل الآتي على المعادلة رقم(1) اعلاه لتصبح

في المحلول المشبع



$$AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)} \;\cdots\cdots\cdots\; (2)$$

وبتطبيق قانون الاتزان على المعادلة (2) نجد ان :-

$$\frac{[Cl^{-}][Ag^{+}]}{[AgCl]} = Kc \;\cdots\cdots\cdots\; (3)$$

حيث ان [AgCl] غير الذائب بالنسبة الى تركيز $[Cl]^{-}$ ، $[Ag]^{+}$ قليل جداً فيمكن اعتبار (AgCl) مقداراً ثابتاً عند ثبوت درجة الحرارة وتصبح العلاقة اK_cقة كالاتي:

$$[Ag^{+}][Cl^{-}] = [AgCl] \times K_c \;\cdots\cdots\cdots\; (4)$$

مقدار ثابت

ويمكن التعبير على المقدار Kc [AgCl] بمقدار ثابت جديد يرمز اليه بالرمز (K_{sp}) يسمى حاصل الاذابة للمادة حيث (K_{sp}) اختصار لـ **Solubility Product**، وتكون العلاقة النهائية كالاتي:

$$[Ag^{+}][Cl^{-}] = K_{sp} \;\cdots\cdots\cdots\; (5)$$

اي ان حاصل الاذابة في تلك الحالة يساوي حاصل ضرب تركيز الايونات في المحلول المشبع للمادة شحيحة الذوبان .

عزيزي المدرس والان تم استنتاج تعريف حاصل الاذابة يمكنك كتابته لطلبتك على السبورة كما يأتي:

«حاصل ضرب تركيز الايونات (mol/L) التي توجد في حالة اتزان في محلولها المشبع عند درجة حرارة معينة كلٌ مرفوعاً للاس الذي يساوي عدد مولات الايونات في الصيغة أو في المعادلة الموزونة»

عزيزي المدرس لقد تم الاشارة الى استخدام الدستور لحل بعض امثلة هذا الفصل المتعلقة بالتحلل المائي للحوامض والقواعد الضعيفة التي يزيد ثابت تفككها عن 10^{-5}. ولقد اشير الى استخدام الدستور لاطلاع الطلبة على وجود مثل هذا النوع من الاسئلة ولا وجوب للتركيز على هذا الاستخدام.

المعادلات الرئيسة

تعريف pK_a

$$pK_a = -\log K_a$$

تعريف pH

$$pH = -\log [H^+]$$

تعريف pOH

$$pOH = -\log [OH^-]$$

العلاقة بين pH و pOH

$$pH + pOH = 14$$

ثابت تفكك الماء K_w

$$[H^+][OH^-] = K_w = 1.0 \times 10^{-14}$$

ثابت تحلل الملح المشتق من حامض ضعيف وقاعدة قوية

$$K_h = \frac{K_w}{K_a}$$

ثابت تحلل الملح المشتق من قاعدة ضعيفة وحامض قوي

$$K_h = \frac{K_w}{K_b}$$

قيمة pH لمحلول ملح مشتق من حامض ضعيف وقاعدة قوية

$$pH = \frac{1}{2}[pK_w + pK_a + \log c]$$

قيمة pH لمحلول ملح مشتق من قاعدة ضعيفة وحامض قوي

$$pH = \frac{1}{2}[pK_w - pK_b - \log c]$$

قيمة pH لمحلول بفر مكون من مزيج لحامض ضعيف مع أحد أملاحها

$$pH = pK_a - \log \frac{[acid]}{[salt]} = pK_a + \log \frac{[salt]}{[acid]}$$

قيمة pH لمحلول بفر مكون من مزيج لقاعدة ضعيفة مع أحد أملاحها

$$pOH = pK_b - \log \frac{[base]}{[salt]} = pK_b + \log \frac{[salt]}{[base]}$$

تمرين 5-1

احسب تراكيز الاصناف الايونية في محاليل المركبات (إلكتروليتات قوية) الآتيةحسب التركيز المشار اليها. (أ) HBr 0.25 M ، (ب) KOH 0.055 M ، (ج) $CaCl_2$ 0.155 M .

الحل

تكتب المعادلات الكيميائية الموزونة لعملية تفكك تلك المركبات ويؤشر عليها تراكيز الاصناف الايونية الناتجة من عملية التفكك

(أ)



$$HBr_{(aq)} \longrightarrow H^{+}_{(aq)} + Br^{-}_{(aq)}$$

	$HBr_{(aq)}$	$H^{+}_{(aq)}$	$Br^{-}_{(aq)}$
التركيز الابتدائي	0.25M		
التغير في التركيز	–0.25M	+0.25M	+0.25M
التركيز النهائي	0	0.25M	0.25M

(ب)



$$KOH_{(aq)} \longrightarrow K^{+}_{(aq)} + OH^{-}_{(aq)}$$

	$KOH_{(aq)}$	$K^{+}_{(aq)}$	$OH^{-}_{(aq)}$
التركيز الابتدائي	0.055M		
التغير في التركيز	–0.055M	+0.055M	+0.055M
التركيز النهائي	0	0.055M	0.055M

(ج)



$$CaCl_{2(aq)} \longrightarrow Ca^{2+}_{(aq)} + 2Cl^{-}_{(aq)}$$

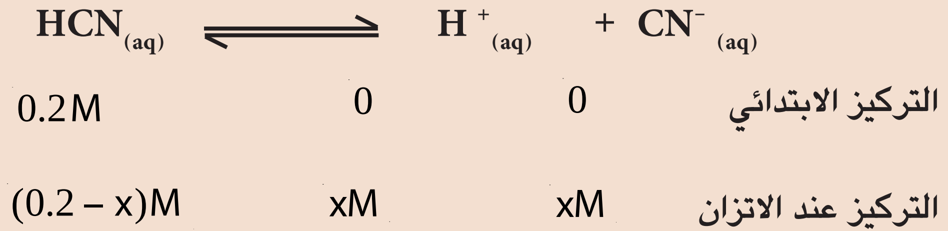
	$CaCl_{2(aq)}$	$Ca^{2+}_{(aq)}$	$2Cl^{-}_{(aq)}$
التركيز الابتدائي	0.155M		
التغير في التركيز	–0.155M	+0.155M	+2 × 0.155M
التركيز النهائي	0	0.155M	0.31M

تمرين 2-5

احسب تركيز ايون الهيدروجين المائي في المحلول المائي لحامـــــــــــــض الهيدروسيانيك ($K_a = 4.9 \times 10^{-10}$) تركيزه يساوي 0.2 M.

الحـــــل

تكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لعملية تفكك الحامض الضعيف التي تعبر عن قيمة ثابت تفكك الحامض



$$HCN_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$$

	$HCN_{(aq)}$	$H^+_{(aq)}$	$CN^-_{(aq)}$
التركيز الابتدائي	0.2M	0	0
التركيز عند الاتزان	(0.2 – x)M	xM	xM

$$K_a = \frac{[H^+][CN^-]}{[HCN]}$$

ويعوض عن قيمة K_a في تلك العلاقة او تحل المعادلة الجبرية الناتجة لايجاد x باستعمال طريقة التقريب لكون ثابت تفكك الحامض صغير جداً

$$4.9 \times 10^{-10} = \frac{(x)(x)}{(0.2 - x)}$$

$$x = 0.99 \times 10^{-5}\ M$$

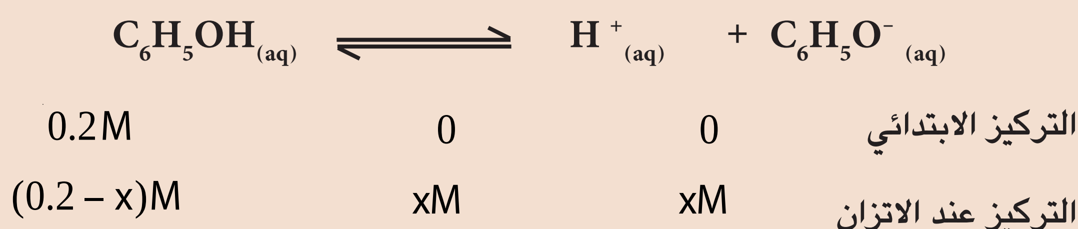
وتلك القيمة تمثل تركيز أيون الهيدروجين المائي في محلول هذا الحامض

تمرين 3-5

احسب تركيز ايون الهيدروجين المائي في المحلول المائي للفينول C_6H_5OH ($K_a = 1.3 \times 10^{-10}$) الذي تركيزه (أ) $0.2\ M$ و (ب) بعد تخفيفة لمئة مرة.

الحـــل

أ) تكتب معادلة تفكك الحامض والعلاقة الرياضية التي تعبر عن قيمة Ka



$$C_6H_5OH_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + C_6H_5O^-_{(aq)}$$

	C_6H_5OH	H^+	$C_6H_5O^-$
التركيز الابتدائي	0.2M	0	0
التركيز عند الاتزان	(0.2 – x)M	xM	xM

$$Ka = \frac{[H^+][C_6H_5O^-]}{[C_6H_5OH]} = \frac{(x)(x)}{(0.2-x)} = 1.3 \times 10^{-10}$$

ويكون ثابت تفكك الحامض اقل من 10^{-5} لذا نقرب $(0.2 - x)$ الى 0.2 لتصبح المعادلة

$$1.3 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.2}$$

وبحل المعادلة نحصل على قيمة x

$$X = 0.51 \times 10^{-5}\ M$$

$$[H^+] = 0.51 \times 10^{-5}\ M$$

ب) بعد تخفيف المحلول لمائة مرة يصبح تركيز $\frac{0.2}{100}\ M$ اي $2 \times 10^{-3}\ M$

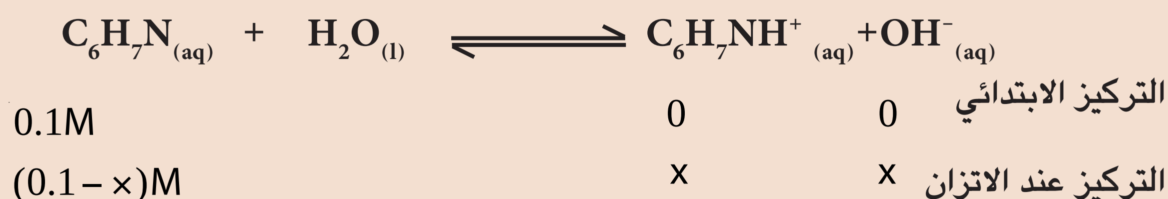
وباتباع خطوات الحل نفسها في (أ) نحصل على تركيز ايون الهيدروجين

تمرين 5-4

إحسب درجة التأين للمحلول المائي للانيأتين $C_5H_7N(K_b = 3.8 \times 10^{-10})$ الذي تركيزه يساوي $0.1M$.

الحل

تكتب معادلة تفكك الانلين ويبين عليها التركيز المولارية عند حالة الاتزان



$$C_6H_7N_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_7NH^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

	C_6H_7N	$C_6H_7NH^+$	OH^-
التركيز الابتدائي	$0.1M$	0	0
التركيز عند الاتزان	$(0.1-x)M$	x	x

$$K_b = \frac{[C_6H_7NH^+][OH^-]}{[C_6H_7N]}$$

$$3.8 \times 10^{-10} = \frac{(x)(x)}{(0.1-x)}$$

ويكون ثابت التفكك اقل من 10^{-5} نهمل x من مقام المعادلة

$$3.8 \times 10^{-10} = \frac{x^2}{0.1}$$

وبحل المعادلة نحصل على قيمة x والتي تمثل تركيز $[OH^-]$

$$[OH^-] = x = 0.62 \times 10^{-5}\ M$$

وهذا يمثل تركيز ايون الهيدروكسيد (اي الجزء المتفكك من القاعدة) ويمثل ذلك أيضاً تركيز الحامض القرين للقاعدة $(C_6H_7NH^+)$ في المحلول عند حالة الاتزان

$$\text{درجة التأين} = \frac{\text{تركيز أيون الهيدروكسيد عند حالة الاتزان}}{\text{تركيز القاعدة الابتدائي}}$$

$$\text{درجة التأين} = \frac{0.62 \times 10^{-5}}{0.1} = 6.2 \times 10^{-5}$$

تمرين 5-5

احسب تركيز ايونات الهيدروجين المائية في محلول يحتوي على ايونات الهيدروكسيد المائية بتراكيز: (أ) $0.01M$ و (ب) $2.0\times 10^{-9}M$.

الحل

أ) يحسب تركيز ايونات الهيدروجين المائية في المحلول بالاعتماد على تركيز آيون الهيدروكسيد في المحلول وقيمة الحاصل الايوني للماء وكما يأتي:

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

$$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]}$$

$$[H^+] = \frac{1\times 10^{-14}}{0.01} = 1\times 10^{-12}\,M$$

ب)

$$[H^+] = \frac{1\times 10^{-14}}{2.0\times 10^{-9}} = 5\times 10^{-6}\,M$$

السؤال 5 - 1

حول الفقرات الصحيحة الموجودة في الصفين الاخرين في الجدول الآتي:

عند تحول جزئي H_2O	
H_3O^+ ←	→ OH^-
يفقد H^+ / يكتسب H^+	يفقد H^+ / يكتسب H^+
يسلك سلوك حامض / قاعدة	يسلك سلوك حامض / قاعدة

الحل

الماء عند تحوله الى H_3O^+ يكتسب (H^+) يسلك سلوك حامض

الماء عند تحوله الى OH^- يفقد H^+ يسلك سلوك القاعدة

السؤال 5 – 2

المعادلة الاتية تبين حالة الاتزان بين جزيئات الماء وأيوناته:



$$2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

أ– هل يتاثر اتزان هذا النظام بتغير درجة الحرارة.

ب– ما قيمة ثابت الحاصل الايوني للماء عند درجة حرارة 25°C، وكم هو تركيز أيون الهيدروجين و تركيز أيون الهيدروكسيد في الماء النقي؟

الحل

1 - نعم

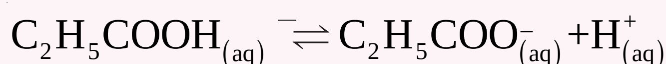
2– 1×10^{-14} وتركيز H^+ و OH^- = 1×10^{-7} M

السؤال 5 – 10

اذا علمت ان قيمة K_a لحامض البروبانويك C_2H_5COOH تساوي 1.3×10^{-5}، ما النسبة المئوية لتفكك الحامض في محلوله المائي ذي تركيز 0.65 M ؟

الحل

الحل تكتب معادلة تفكك الحامض



$$C_2H_5COOH_{(aq)} \rightleftharpoons C_2H_5COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

التركيز عند الاتزان $\quad (0.65\text{-}x)M \qquad x\,M \qquad x\,M$

$$K_a = \frac{[C_2H_5COO^-][H^+]}{[C_2H_5COOH]}$$

$$1.3 \times 10^{-5} = \frac{(x)(x)}{(0.65\text{-}x)}$$

يمكن هنا اجراء التقريب لكون الحامض ضعيف الى درجة كافية

$$x^2 = 0.65 \times 1.3 \times 10^{-5}$$

$$x = 2.91 \times 10^{-3} M = [H^+]$$

$$\text{النسبة المئوية لتفكك الحامض} = \frac{\text{تركيز أيونات الهيدروجين عند حالة الاتزان}}{\text{التركيز الابتدائي للحامض}} \times 100\%$$

$$= \frac{2.91 \times 10^{-3}}{0.65} \times 100\% = 0.45\%$$

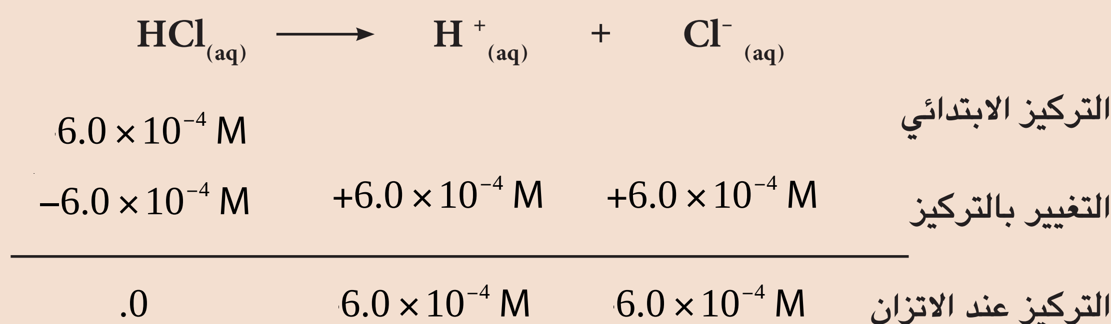
تمرين 6-5

احسب قيم الدالة الحامضية (pH) للمحاليل الاتية:

(أ) 6.0×10^{-4} mol/L حامض الهيدروكلوريك، (ب) 0.03 M حامض الكبريتيك.

الحل

أ) تسحب قيمة الدالة الحامضية لمحلول 6.0×10^{-4} M حامض الهيدروكلوريك كما يأتي:-

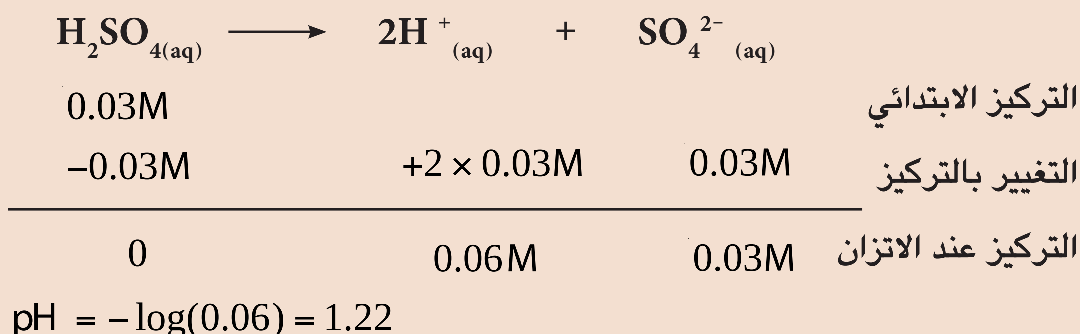


	$HCl_{(aq)}$	$\longrightarrow$ $H^{+}_{(aq)}$	+ $Cl^{-}_{(aq)}$
التركيز الابتدائي	6.0×10^{-4} M		
التغيير بالتركيز	-6.0×10^{-4} M	$+6.0 \times 10^{-4}$ M	$+6.0 \times 10^{-4}$ M
التركيز عند الاتزان	0.	6.0×10^{-4} M	6.0×10^{-4} M

وهذا يعني ان تركيز ايون الهيدروجين في محلول يساوي 6.0×10^{-4} M لذلك

$$pH = -\log[H^{+}]$$

$$pH = -\log(6.0 \times 10^{-4}) = 3.22$$



	$H_2SO_{4(aq)}$	$\longrightarrow$ $2H^{+}_{(aq)}$	+ $SO_4^{2-}{}_{(aq)}$
التركيز الابتدائي	0.03M		
التغيير بالتركيز	−0.03M	$+2 \times 0.03$M	0.03M
التركيز عند الاتزان	0	0.06M	0.03M

$$pH = -\log(0.06) = 1.22$$

تمرين 5-7

اذا علمت ان pH محلول لحامض النتريك يساوي 3.32، ما مولارية المحلول؟

الحـــــل

يمكن الأفادة من العلاقة الآتيةلحساب قيمة مولارية لمحلول النتريك من معرفة pH له:

$$[H^+] = 10^{-pH}$$

$$[H^+] = 10^{-3.32}$$

$$[H^+] = 4.79 \times 10^{-4}\ M$$

وبما ان حامض النتريك حامض قوي احادي البروتون لذلك تركيز الهيدروجين في المحلول يمثل التركيز المولاري لذلك الحامض.

تمرين 5-8

إكمل الجدول الاتي. هل وجدت علاقة واضحة بين قيم pH و pOH لكل محلول؟ ما؟

المحلول	$[H^+]$	$[OH^-]$	pH	pOH
0.15 M HI				
0.06 M RbOH				
0.02 M $Ba(OH)_2$				
0.0003 M $HClO_4$				

الحـــــل

المحلول	$[H^+]$	$[OH^-]$	pH	POH
0.15 M HI	0.15	$6.67x\ 10^{-14}$	0.82	13.18
0.06 M RbOH	$1.67x\ 10^{-13}$	0.06	12.78	1.22
0.02 M $Ba(OH)_2$	$2.5x\ 10^{-13}$	0.04	12.60	1.40
0.0003 M $HClO_4$	0.0003	$3.33x\ 10^{-11}$	3.53	10.47

تمرين 5-9

احسب قيم $[H^+]$ و pH و $[OH^-]$ و pOH للمحلول المائي لـ $Ca(OH)_2$ تركيزه 0.015 M.
هل المحلول حامضي أم قاعدي؟ لماذا؟

الحـــــل

تكتب معادلة تفكك $Ca(OH)_2$ ويؤشر عليها التركيز المولارية للاحماض الناتجة من التفكك



$$Ca(OH)_{2(aq)} \longrightarrow Ca^{2+}_{(aq)} + 2OH^{-}_{(aq)}$$

$Ca(OH)_{2}$	Ca^{2+}	$2OH^{-}$	
0.015M			التركيز الابتدائي
−0.015M	+0.015 M	2 × 0.015M	التغيير بالتركيز
	0.015 M	0.03M	التركيز عند الاتزان

يحسب تركيز ايون الهيدروجين من العلاقة الآتية

$$[H^{+}] = \frac{Kw}{[OH^{-}]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{0.03} = 3.3 \times 10^{-13}\,M$$

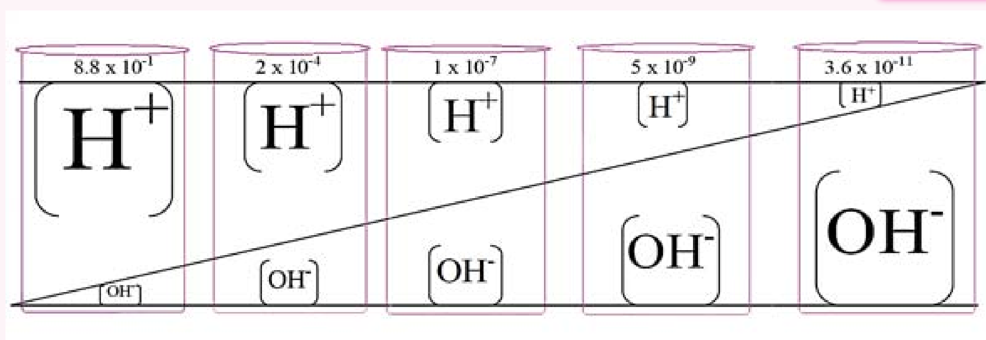
$$pH = -\log[H^{+}] = -\log 3.3 \times 10^{-13} = 12.48$$

$$[OH^{-}] = 0.03M$$

$$pOH = -\log[OH^{-}] = -\log 0.03 = 1.52$$

المحلول قاعدي

السؤال 5 – 6



في الشكل المبين أعلاه:

1. اكتب قيمة الاس الهيدروجيني لكل من المحاليل المبينة فيه.
2. أشر الى المحاليل الحامضية والقاعدية والمتعادلة.
3. احسب تركيز ايون الهيدروكسيد لكل محلول.
4. احسب قيمة pOH للمحاليل أعلاه.

الحــــل

1	$[H^+] = 3.6 \times 10^{-11}$	$[H^+] = 5 \times 10^{-9}$	$[H^+] = 1 \times 10^{-7}$	$[H^+] = 2 \times 10^{-5}$	$[H^+] = 8.8 \times 10^{-1}$
2	pH = 10.44 قاعدي	pH = 8.3 قاعدي	pH = 7 متعادل	pH = 3.7 حامضي	pH = 0.06 حامضي
3	$[OH^-] = 2.7 \times 10^{-4}$	$[OH^-] = 2 \times 10^{-6}$	$[OH^-] = 1 \times 10^{-7}$	$[OH^-] = 5 \times 10^{-11}$	$[OH^-] = 1.36 \times 10^{-14}$
4	pOH = 3.56	pOH = 5.7	pOH = 7	pOH = 10.3	pOH = 13.94

السؤال 5 – 8

إكمل الفراغات في الجدول الاتي:

رقم المحلول	pOH	$[OH^-]$	pH	$[H_3O^+]$
1			3.84	
2			12.61	
3	2.90			
4	9.47			

الحــــل

رقم المحلول	pOH	$[OH^-]$	pH	$[H_3O^+]$
1	10.16	6.89×10^{-11}	3.84	1.45×10^{-4}
2	1.39	4.07×10^{-2}	12.61	2.45×10^{-13}
3	2.90	1.26×10^{-3}	11.10	7.94×10^{-12}
4	9.47	3.39×10^{-10}	4.53	2.95×10^{-5}

السؤال 5 - 7

إكمل الفراغات في الجدول الاتي:

pOH	pH	$[OH^-]$	$[H_3O^+]$	محلول
				حامض قوي 0.15 M HI
				حامض ضعيف 0.15 M HF
				قاعدة قوية 0.06 M RbOH
				قاعدة قوية $0.05\ M\ Ca(OH)_2$
				قاعدة ضعيفة $0.75\ M\ NH_4OH$

الحـــــل

pOH	pH	$[OH^-]$	$[H_3O^+]$	محلول
13 . 18	0.82	6.67×10^{-14}	0.15	0.15M HF
11.99	2.01	1.02×10^{-12}	9.77×10^{-3}	0.15M HF
1.22	12.78	0.06	1.67×10^{-13}	0.06M RbOH
1.00	13.00	0.1	1.0×10^{-13}	قاعدة قوية $0.05\ M\ Ca(OH)_2$
2.44	11.56	3.67×10^{-3}	2.72×10^{-12}	قاعدة ضعيفة $0.75\ M\ NH_4OH$

السؤال 5-15 يُعد حامض النيكوتنيك من الحوامض العضوية الضعيفة احادية البروتون ويمكن التعبير عنه على شكل **HA**.



$$HA_{(aq)} + \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$$

فإذا كـان المحلول المائي لهذا الحامـض عند حالـة الاتزان مكونة من $[HA] = 0.049\ M$ و $[H^+] = [A^-] = 8.4 \times 10^{-4}\ M$ ، ماقيمة ثابت تفكك الحامض؟

الحــــل



$$HA_{(aq)} + \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$$

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

$$K_a = \frac{(8.4\times10^{-4})\times(8.4\times10^{-4})}{0.049}$$

$$= 1.44\times10^{-5}$$

السؤال 5-16

يتأين حامض الخليك في محلوله المائي ذي التركيز $0.01\,M$ بمقدار %4.2. احسب ثابت تأين الحامض.

الحــــل

$$\text{النسبة المئوية لتأين الحامض} = \frac{\text{تركيز أيون الهيدروجين عند حالة الاتزان}}{\text{التركيز الابتدائي للحامض}} \times 100\%$$

$$100\% \times \frac{x}{0.01} = 4.2\%$$

$$x = 4.2\times10^{-4} mol/L = [H^+]$$



$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

التركيز عند الاتزان $\quad 4.2\times10^{-4}M \quad 4.2\times10^{-4}M \quad 0.01-(4.2\times10^{-4})M$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]}$$

$$= \frac{(4.2\times10^{-4})(4.2\times10^{-4})}{(0.01-4.2\times10^{-4})}$$

$$= 1.84\times10^{-5}$$

السؤال 5-17

عند قياس قيمة pH لمحلول 0.115 M كلورو حامض الخليك $ClCH_2COOH$ وجد انه يساوي 1.92 . إحسب قيمة K_a لهذا الحامض الضعيف.

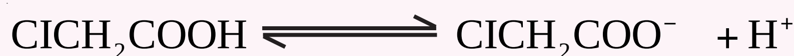
الحل

يسحب التركيز المولاري لتركيز أيون $[H^+]$ من معرفة قيمة PH محلول الحامض

$$pH = -\log[H^+]$$

$$[H^+] = 10^{-pH}$$

$$[H^+] = 10^{-1.92} = 1.2\times10^{-2}M$$



$$ClCH_2COOH \rightleftharpoons ClCH_2COO^- + H^+$$

التركيز عند الاتزان $(0.115-1.2\times10^{-2})M$ $1.2\times10^{-2}M$ $1.2\times10^{-2}M$

$$K_a = \frac{(ClCH_2COO^-)[H^+]}{ClCH_2COOH}$$

$$= \frac{(1.2\times10^{-2})\times(1.2\times10^{-2})}{0.115-1.2\times10^{-2}}$$

$$K_a = 1.4\times10^{-3}$$

السؤال 5 - 26

كم هي كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم $(M = 56\ g/mole)$ اللازم اضافتها الى $200\ mL$ من الماء لتصبح قيمة pH المحلول الناتج تساوي 11؟

الحـــل

بحسب تركيز أيون الهيدروكسيد في محلول قيمة pH له تساوي 11

$$pH = 11$$

$$[H^+] = 10^{-11}\ M$$

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-11}} = 10^{-3}\ M$$

وبما أن هيدروكسيد البوتاسيوم هي قاعدة قوية لذلك فأن تركيز ايون OH في محلولها المائي يساوي تركيز القاعدة الاصلي يمكن حساب كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم من تطبيق العلاقة التي تربط بين التركيز المولاري للقاعدة وحجم المحلول وكتلة المذاب (قانون المولاري) كالاتي:

$$m_{(KOH)}g = M\ mole/L \times V_{(L)} \times M_{(KOH)}(g/mole)$$

$$m_{KOH} = 0.0112\ g$$

$$= 10^{-3} mol/L \times 200mL \times \frac{1L}{1000mL} \times 56g/mol$$

وهذا يمثل كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم التي يجب اضافتها الى $200\ mL$ من الماء

لتصبح قيمة pH المحلول تساوي 11

السؤال 5 - 27

اذا علمت ان درجة تفكك المئوية 0.1 M حامض الهيدروسيانيك HCN تساوي 0.01% ، كم هو ثابت تأين هذا الحامض.

الحل

$$\text{النسبة المئوية لتفكك حامض الهيدروسبانيك} = \frac{\text{تركيز الايون الهيدروجين عند حالة الاتزان}}{\text{التركيز الابتدائي للحامض}} \times 100\%$$

$$\%100 \times \frac{[H^+]}{0.1} = \% \ 0.01$$

$$[H^+] = 10^{-5} mol/L$$

$$HCN \rightleftharpoons H^+ + CN^-$$



$$K_a = \frac{[H^+][CN^-]}{[HCN^-]}$$

ويمكن عدّ ان $[H^+]$ في محلول هذا الحامض تساوي تقريباً تركيز ايون السيانيد

$[CN^-]$ لذلك

$$K_a = \frac{[H^+]^2}{[HCN]}$$

$$K_a = \frac{(10^{-5})^2}{0.1} = 1.0 \times 10^{-9}$$

السؤال 5 - 29

احسب قيمة الاس الهيدروجيني لمحلول نتج من تخفيف **1mL** من 13.6 M حامض الهيدروكلوريك الى لتر بالماء.

الحل

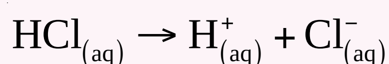
يحسب تركيز محلول حامض الهيدروكلوريك بعد التخفيف كالاتي :

$$M_{(HCl)}\ \text{مركز} \times V_{(HCl)}\ \text{مركز} = M_{(HCl)}\ \text{مخفف} \times V_{(HCl)}\ \text{مخفف}$$

$$M_{(HCl)}\ \text{مخفف} = \frac{M_{(HCl)}\ \text{مركز} \times V_{(HCl)}\ \text{مركز}}{V_{(HCl)}\ \text{مخفف}}$$

$$M_{(HCl)}\ \text{مخفف} = \frac{13.6\ \text{mol/L} \times 1\text{mL}}{1000\ \text{mL}} = 0.0136\ \text{mol/L}$$

وبما ان HCl حامض قوي



$$HCl_{(aq)} \rightarrow H^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)}$$

التركيز الابتدائي	**0.0136**M	**0**	**0**
التركيز عند حاله الاتزان	**0.0136**M	**0.0136**M	**0**

بحسب PH المحلول بتطبيق العلاقة المعروفة الاتية :

$$\mathbf{pH} = -\log\left[H^{+}\right] = -\log(0.0136)$$

$$\mathbf{pH} = 1.866$$

تمرين 5-10

احسب تركيز أيون الهيدروكسيد للمحلول المائي لملح سيانيد البوتاسيوم KCN، $K_a(HCN) = 4.9 \times 10^{-10}$، تركيزه 0.1 mole/L. هل المحلول حامضي أم قاعدي؟

الحـــل

ملح سيانيد البوتاسيوم هو ملح مشتق من حامض ضعيف (الهيدروسيانيك) و قاعدة قوية (هيدروكسيد البوتاسيوم) في محلول المائي نستخدم العلاقة الاتية

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w \times K_a}{c}}$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{1.0 \times 10^{-14} \times 4.9 \times 10^{-10}}{0.1}} = 7.0 \times 10^{-12}$$

$$[OH^-] = \frac{Kw}{[H^+]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{7.0 \times 10^{-12}} = 1.43 \times 10^{-3}\ M$$

الملح قاعدي

تمرين 5-11

احسب قيمة pOH لمحلول نترات الامونيوم ($pK_b(NH_3) = 4.74$) بتركيز 0.5 M هل المحلول حامضي ام قاعدي؟

الحـــل

ملح نترات الامونيوم مشتق من قاعدة ضعيفة (الامونيا) وحامض قوي (حامض النتريك) لذلك:

$$pH = \frac{1}{2}[pK_w + pK_a + \log c]$$

$$pH = \frac{1}{2}(14 - 4.74 - \log 0.5)$$

$$pH = \frac{1}{2} \times (9.56) = 4.78$$

$$pOH = 14 - pH$$

$$pOH = 14 - 4.78 = 9.22$$

السؤال 5 - 3

في المحاليل المائية للمواد الآتية، هل يكون المحلول حامضياً أو قاعدياً أو متعادلاً؟ ولماذا؟

(أ) NH_4Cl، (ب) Na_2SO_4، (ج) CH_3COOK، (د) CaF_2، (هـ) $MgSO_4$، (و) KCl.

الحل

أ) حامضي   ملح مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيفة .

ب) متعادل   ملح مشتق من حامض قوي وقاعدة قوية .

ج) قاعدي   ملح مشتق من حامض ضعيف ـ قاعدة قوية.

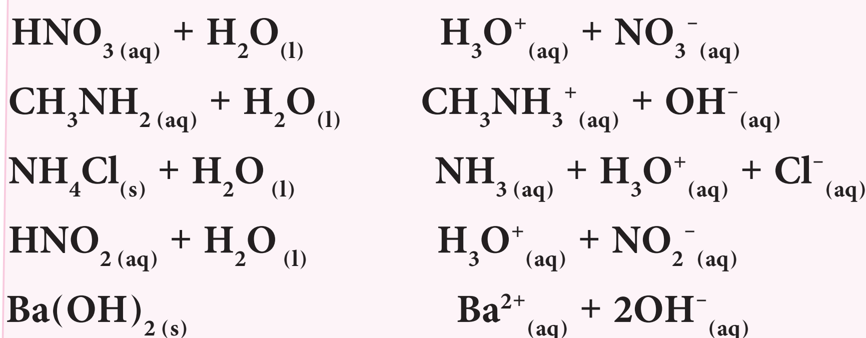
د) قاعدي   ملح مشتق من حامض ضعيف ـ قاعدي قوي .

هـ) متعادل   ملح مشتق من حامض قوي ـ وقاعدي قوي .

و) متعادل   ملح مشتق من حامض قوي ـ وقاعدي قوي .

السؤال 5 - 4

أكمل المعادلات الآتيةبوضع ($\longrightarrow$) او وضع ($\rightleftharpoons$).



$HNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \quad\quad H_3O^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$

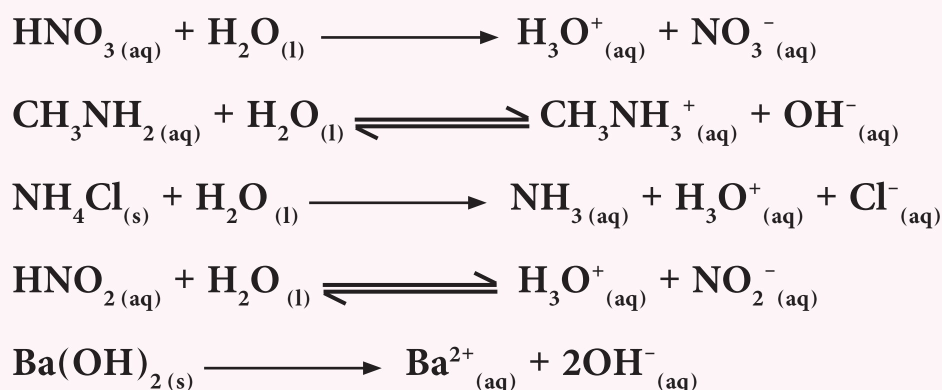
$CH_3NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \quad\quad CH_3NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

$NH_4Cl_{(s)} + H_2O_{(l)} \quad\quad NH_{3(aq)} + H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$

$HNO_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \quad\quad H_3O^+_{(aq)} + NO_2^-{}_{(aq)}$

$Ba(OH)_{2(s)} \quad\quad Ba^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$

الحل



$HNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$

$CH_3NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons CH_3NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

$NH_4Cl_{(s)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow NH_{3(aq)} + H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$

$HNO_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + NO_2^-{}_{(aq)}$

$Ba(OH)_{2(s)} \longrightarrow Ba^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$

السؤال 5 - 18

احسب قيمة pH و $[OH^-]$ لمحاليل الاملاح الآتية:

(1) 0.1 M سيانيد الصوديوم $NaCN$.

(2) 0.25 M نترات الام

(3) 0.5 M نترات الصوديوم $NaNO_3$.

الحل

1 . $NaCN$ ملح مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف

$$pH = \frac{1}{2}[pK_w + pK_a + \log c]$$

قيمة ثابتة تفكك حامض الهيدروسيانيك = 4.9×10^{-10} لذلك

$$pK_a \quad -\log\left(4.9 \times 10^{-10}\right) = 9.3$$

$$pK_a = \frac{1}{2}\left(14 + 9.3 + \log \ 0.1\right)$$

$$PH = 11.15$$

2 . NH_4NO_3 ملح مشتق من قاعدة قوية وحامض قوي

$$pH = \frac{1}{2}[pK_w - pK_b - \log c]$$

قيمة ثابت تفكك الامونيا = 1.8×10^{-5}

$$pK_b = -\log \ 1.8 \times 10^{-5}$$

$$pH = \frac{1}{2}\left(14 - 4.74 - \log \ 0.25\right)$$

$$PH = 4.93$$

3. ملح نترات الصوديوم ملح مشتق من قاعدة قوية ، وحامض قوي وهو لايعاني من تحلل مائي فيكون محلوله المائي متعادل

$$pH = 7$$

تمرين 5-12

ما التاثير الناتج من اضافة 26.75 g (0.5 mol) من ملح كلوريد الامونيوم الى لتر واحد من محلول الامونيا بتركيز 0.1 M على درجة تفكك القاعدة؟ اذا علمت ان ثابت تفكك القاعدة الضعيفة $K_b(NH_3) = 1.8 \times 10^{-5}$.

الحــــل

تحسب درجة تفكك الامونيا قبل اضافة ملح كلوريد الامونيوم



$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

	OH^-	NH_4^+	NH_3
التركيز الابتدائي	0	0	0.1M
التركيز عند الاتزان	xM	xM	(0.1 – x)M

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} = \frac{(x)(x)}{(0.1-x)}$$

وتحل المعادلة الناتجة بالاعتماد على التقريب

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.1 - x}$$

$$x = 1.3 \times 10^{-3}\ M = [OH^-]$$

$$\text{درجة التفكك للقاعدة} = \frac{\text{تركيز ايون الهيدروكسيد عند حالة الاتزان}}{\text{التركيز الابتدائي للقاعدة}}$$

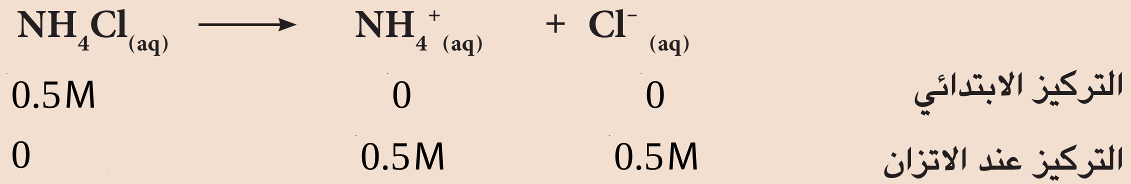
$$= \frac{1.3 \times 10^{-3}}{0.1} = 1.3 \times 10^{-2}$$

بعد ذلك نحسب درجة تفكك الامونيا بعد اضافة ملح كلوريد الامونيوم



$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

	OH^-	NH_4^+	NH_3
التركيز الابتدائي	0	0	0.1M
التركيز عند الاتزان	X′M	X′M	(–0.1 – X′)M



$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{(0.5 + x')(x')}{(0.1 - x')}$$

x'

$$x' = 3.6 \times 10^{-6}\ M = [OH^-]$$

$$3.6 \times 10^{-5} = \frac{3.6 \times 10^{-6}}{0.1} =$$

تمرين 5-13

احسب قيمة الاس الهيدروجيني (pH) لمحلول يحتوي على NH_3 بتركيز 0.15 mole/L و NH_4Cl بتركيز 0.3 mole/L، وقارن النتيجة مع قيمة pH محلول الامونيا ذي تركيز 0.15 M. علماً ان $pK_b = 4.74$.

الحـــل

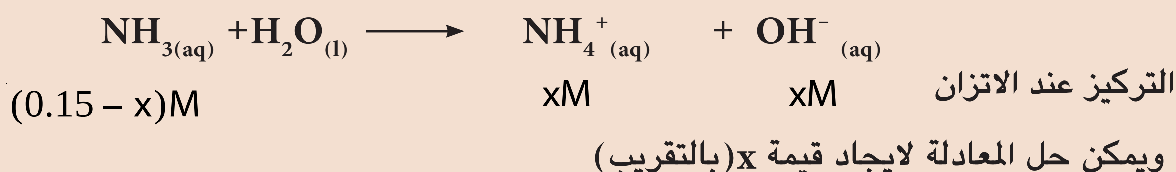
يمكن حساب قيمة pH مزيج الامونيا وكلوريد الامونيوم (محلول بفر) العلاقة الاتية:

$$pOH = pK_b + \log \frac{[salt]}{[base]}$$

حيث ان pK_b للامونيا = 4.74 وان $\left[salt\right]$ =0.3 و $[base]$ =0.15

$$pOH = 4.74 + \log\frac{0.3}{0.15} = 4.74 + \log 2$$
$$pOH = 5.04$$
$$pH = 14 - 5.04 = 8.96$$

ويمكن حساب قيمة **pH** محلول الأَمونيا ذي التركيز **0.15** كما يأتي:



$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow NH_4{}^{+}{}_{(aq)} + OH^{-}{}_{(aq)}$$

التركيز عند الاتزان $(0.15 - x)M$ xM xM

ويمكن حل المعادلة لايجاد قيمة x(بالتقريب)

$$K_b = \frac{(x)(x)}{(0..15 - x)} = 1.8 \times 10^{-5}$$
$$x = 1.6 \times 10^{-3} M = \left[OH^{-}\right]$$

ويمكن بعد ذلك حساب مقدار

$$pOH = -\log\left[OH^{-}\right] = -\log(1.6 \times 10^{-13}) \approx 2.78$$
$$pH = 14 - 2.78 = 11.22$$

يلاحظ أن وجود ملح كلوريد الصوديوم ادى إلى نقصان قيمة الـ **pH** (اي قلل من تفكك الامونيا)

تمرين 5-14

ما تركيز حامض الخليك في محلول يحوي اضافة الى الحامض ملح خلات الصوديوم بتركيز **0.3 mol/L** اذا علمت ان قيمة **pH** المحلول كانت تساوي **4.31**؟ علماً ان $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$.

الحـــــل

pH محلول بفر مكون من حامض ضعيف واحد املاح يعطى بالعلاقة الاتية:

$$pH = pK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]}$$

$$4.31 = -\log 1.8 \times 10^{-5} + \log\frac{(0.3)}{\left[acid\right]}$$

وبحل المعادلة نحصل على تركيز الحامض $\left[acid\right] = 0.81M$

تمرين 5-15

احسب قيمة الاس الهيدروجيني (pH) (أ)للتر من المحلول بفر مكون من حامض الخليك بتركيز 0.1 M وخلات الصوديوم بتركيز 0.1 M، (ب) لنفس محلول البفر لكن بعد أضافة 2 mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 5 M، ثم احسب مقدار التغير الحاصل في قيمة pH وناقش النتيجة. (أهمل التغير الذي يحصل في حجم المحلول بعد أضافة الحامض القوي او القاعدة القوية عند حل المثال).

الحـــل

(أ)

$$pH = pK_a + \log \frac{[salt]}{[acid]}$$

pK_a لحامض الخليك = 4.74 و $[salt] = 0.1M$ و $[acid]$

$$pH = 4.74 + \log\frac{0.1}{0.1} = 4.74$$

(ب) ان اضافة 2mL من محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 5M يؤدي الى تفاعل تلك الكمية من القاعدة مع مايكافئها من حامض الخليك لتكوين كمية مكافئة من ملح خلات الصوديوم (اي ان اضافة تلك الكمية من القاعدة تنتقص كمية الحامض وتزيد كمية الملح في المزيج البفري).

تركيز الحامض بعد الاضافة = $\frac{\text{كمية الحامض قبل الاضافة كمية القاعدة}}{\text{حجم المحلول}}$

$$[acid] = \frac{(0.1mol/L \times 1000mL) - (2ml \times 5mol/L)}{1000mL}$$

$$[acid] = 0.09mol/L$$

تركيز خلات الامونيوم = $\frac{\text{كمية خلات الامونيوم قبل الاضافة + كمية القاعدة المضافة}}{\text{حجم المحلول}}$

$$[salt] = \frac{(0.1mol/L \times 1000mL) + (2mol/L \times 5mL)}{1000mL}$$

$$[salt] = 0.11mol/L$$

$$pH = 4.74 + \log\frac{0.11}{0.09} = 4.83$$

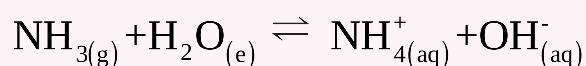
تلاحظ ان قيمة pH للمحلول قد تغيرت بمقدار صغير نتيجة لاضافة القاعدة

السؤال 5-11

ما تركيز الامونيا $[NH_3]$ في المحلول الذي يكون في حالة اتزان مع $[NH_4^+] = 0.01$ M

و $[OH^-] = 1.2 \times 10^{-5}$ M؟

الحـــل



$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$[NH_3] = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{Kb}$$

وبما أن ثابت تفكك الامونيا يساوي 1.8×10^{-5} قيم $[NH_4^+]$, $[OH^-]$

معلومة لذلك يمكن ايجاد تركيز الامونيا في المحلول

$$[NH_3] = \frac{(0.01) \times (1.2 \times 10^{-5})}{1.8 \times 10^{-5}} = 6.67 \times 10^{-2} \text{ M}$$

السؤال 5-12

إحسب كتلة ملح خلات الصوديوم $(M= 82\ g/mole)$ اللازم اضافتها الى لتر واحد من محلول 0.125 M، حامض الخليك للحصول على محلول بفر تكون قيمة pH له تساوي 4.74. (ملاحظة: افترض ان اضافة الملح لاتؤدي الى تغير الحجم).

الحــــل

يمكن حساب التركيز المولاري لملح خلات الصوديوم في محلول البفر هذا من العلاقة الاتية

$$pH = pK_a + \log \frac{[salt]}{[acid]}$$

$$4.74 = 4.74 + \log \frac{[salt]}{0.125}$$

$$\log \frac{[salt]}{0.125} = 0$$

وهذا يعني ان

$$\frac{[salt]}{0.125} = 1$$

$$[salt] = 0.125\ \ mol/L$$

ثم حساب عدد الغرامات من الملح المذابة في لتر من المحلول كما يأتي

3.16

$$C_{CH_3COONa}(g/L) = [CH_3COONa\ ]\ moL/2\ \times M_{CH_3COONa} g/moL$$

$$= 0.125 mol/L \times 82\ \ \ g/mol$$

$$= 10.25 g/L$$

السؤال 5-13

(أ) ماقيمة الاس الهيدروجيني لمزيج بفري مكون من حامض النتروز (HNO_2) بتركيز $0.12\ M$ ونتريت الصوديوم $NaNO_2$ بتركيز $0.15\ M$ ؟ $K_a(HNO_2) = 4.5 \times 10^{-4}$

(ب) احسب قيمة **pH** المحلول الناتج بعد اضافة **1.0 g** من هيدروكسيد الصوديوم **(M = 40 g/mole)** الى لتر واحد من محلول البفر.

الحـــــل

$$pH = pK_a + \log \frac{[salt]}{[acid]}$$

أ) وبما أن قيمة ثابت تفكك حامض النتروز تساوي 4.5×10^{-4} لذلك

فان $$K_b = -\log\left(4.5 \times 10^{-4}\right) = 3.35$$

$$pH = 3.35 + \log \frac{0.15}{0.12} = 3.45$$

ب) بعد إضافة 1.0g من هيدروكسيد الصوديوم اي اضافة **0.025 mole** من القاعدة فان كمية الحامض تقل بمقدار ما أضيف من القاعدة وكمية الملح تزداد بمقدار ما أضيف من القاعدة لذلك يصبح

$$(acid) = \frac{(0.12 mol/L \times IL) - 0.025 mol}{IL} = 0.095 mol/L$$

$$(salt) = \frac{(0.15 mol/L \times IL) + 0.025 mol}{IL} = 0.175 mol/L$$

لذلك يمكن حساب PH المزيج بعد الاضافة كالاتي:

$$pH = pK_a + \log \frac{[salt]}{[acid]}$$

$$= 3.35 + \log \frac{0.175}{0.095}$$

$$pH = 3.61$$

pH =

السؤال 5 - 19

احسب كتلة كلوريد الامونيوم (M= 53.5 g/mole) الواجب اضافتها الى 500 mL من محلـــــول 0.15 M امونيا لجعل قيمة pH المحلول تساوي 9.0.

الحـــــل

تحسب قيمة pOH للمحلول المطلوب ايجاد كتلته (كلوريد الامونيوم) .

$$pOH = pK_w - pH$$

$$= 14 - 9 = 5$$

$$pOH = pK_b + \log\frac{[salt]}{[base]}$$

$$5 = 4.74 + \log\frac{[salt]}{0.15}$$

$$\frac{[salt]}{0.15} = 1.82$$

$$[salt] = 1.82 \times 0.15 = 0.27 mol/L$$

ثم تحسب كتلة ملح كلوريد الامونيوم الواجب اضافتها الى 500mL من المحلول لكي يكون التركيز المولاي فيه يساوي 0.27mol/L

$$m(g) = M\ mole/L \times V(L) \times M(g/mol)$$

$$= 0.27 mol/L \times 500 \times \frac{1L}{1000mL} \times 53.5 g/mol$$

$$= 7.22 g$$

السؤال 5 - 23

كم ستكون قيمة pH المحلول الناتج من مزج 20 mL من 0.2 M هيدروكسيد الصوديوم NaOH مـــع 50 mL من 0.1 M حامض الخليك CH_3COOH؟ علما بأن $K_a(CH_3COOH)$ $= 1.8 \times 10^{-5}$.

الحـــل

عند مزج محلول NaOH قاعدة قوية مع محلول CH_3COOH (حامض ضعيف) يحدث التفاعل الآتي :

$$NaOH + CH_3COOH \longrightarrow CH_3COONa + H_2O$$



ملح خلات الصوديوم

يستمر التفاعل بين الحامض والقاعدة لحين انتهاء كمية احدهما (الكمية الاصغر في المزيج)

لذلك يجب تحديد كميات الحامض والقاعدة لمعرفة ذلك

$$(mmol_{CH3COOH}) = V_{CH3COOH}(mL) \times M_{CH3COOH}(mmol/mL)$$

$$(mmol_{CH3COOH}) = 50(mL) \times 0.1\,(mmol/mL)$$

$$(mmol_{CH3COOH}) = 5\,(mmol/mL)$$

$$(mmol_{NaOH}) = V_{NaOH}(mL) \times M_{NaOH}(mmol/mL)$$

$$(mmol_{NaOH}) = 20\,(mL) \times 0.2(mmol/mL)$$

$$(mmol_{NaOH}) = 4\,(mmol/mL)$$

تظهر النتائج ان كمية NaOH هي الاصغر في المزيج لذلك تتفاعل بشكل تام لتتحول الى كمية مكافئة من ملح خلات الصوديوم بينما يبقى الجزء من حامض الخليك في المزيج الغير متفاعل لذلك تكون مكونات المزيج بعد انتهاء التفاعل هي كالآتي :

الكمية المتفاعلة مع القاعدة - الكمية الاصلية = كمية الحامض في المزيج قبل التفاعل

$$= 5 - 4 = 1\,(mmol/mL)$$

ثم يحسب التركيز الحامض في المزيج كالاتي

$$CH_3COOH = \frac{\text{كمية الحامض بعد التفاعل}}{\text{حجم المحلول الكلي}} = \frac{1m\ mol}{(50+20)mL}$$

$$= 1.429 \times 10^{-2} \quad mol/L$$

كمية القاعدة المستهلكه في التفاعل = كمية الملح المتكون بعد انتهاء التفاعل

$$\text{m mol}\left(CH_3COONa\right) = 0.2 \ \ \text{mol/L} \times 20\text{mL} \ \ = 4\text{m mol}$$

تركيز ملح خلات الصوديوم المتكون سوف يحسب كالآتي

$$CH_3COONa = \frac{\text{كميلة الملح المتكون}}{\text{حجم المحلول الكلي}} = \frac{4\text{m mol}}{\left(50+20\right)\text{mL}}$$

$$= 5.714 \times 10^{-2} \ \ \text{mol/L}$$

يلاحظ ان المزيج يحوي على حامض ضعيف واحد املاحه وهو بذلك يشكل مزيج بفري يمكن حساب قيمة الاس الهيدروجيني له باستعمال العلاقة الاتية :

$$\mathbf{pH} = \mathbf{p}K_a + \log\frac{[\text{solt}]}{\text{acid}}$$

$$= -\log\left(1.8 \times 10^{-5}\right) + \log\frac{\left(5.714 \times 10^{-2}\right)}{\left(1.429 \times 10^{-2}\right)}$$

$$= 4.74 + \log \ \ 4$$

$$= 4.74 + 0.6$$

$$\mathbf{pH} = 5.34$$

السؤال 5 - 24

عند إضافة 25 mL من 0.2 M محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH الى 50 mL من 0.1 M محلول حامض الخليك، ماذا ستكون قيمة الاس الهيدروجيني للمحلول الناتج؟

الحـــــل

تحسب كمية حامض الخليك بدلاله عدد ملي مولات المادة ، ثم نحسب كمية القاعدة المضافة بدلاله عدد ملى المولات المادة ثم نقارن الكميتان لمعرفة مكونات المحلول بعد الاضافة

$$\text{mmol}(CH_3COOH) = 0.1\ \text{mol/L} \times 50\text{mL} = 5\ \text{mmol}$$

$$\text{mmol}(NaOH) = 0.2\ \text{mol/L} \times 25\text{mL} = 5\ \text{mmol}$$

يتضح ان كمية القاعدة المضافة مكافئة لكمية الحامض في المحلول لان التفاعل بينهما هو كالاتي



$$CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$$

لذلك تكون مكونات المحلول بعد الاضافة هي عبارة عن ملح خلات الصوديوم والماء، وان كمية الملح المتكونة تكافئ كمية الحامض وتكافئ ايضاً كمية القاعدة.

يمكن الان حساب التركيز الملح في المحلول كالاتي:

$$(CH_3COONa)(\text{mol/L}) = \frac{\text{mmol}(CH_3COONa)}{\text{حجم المحلول الكلي}}$$

$$= \frac{5\text{mmol}}{(50+25)\text{mL}}$$

$$= 6.66 \times 10^{-2}\ \text{mol/L}$$

يمكن حساب القيمة الاس الهيدروجين لمحلول هذا الملح (مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف من العلاقة الاتية

$$\text{pH} = \frac{1}{2}[\text{p}K_w + \text{p}K_a + \log c]$$

$$\text{pH} = \frac{1}{2}(14 + 4.74 + \log 16.66 \times 10^{-2}) = 8.78$$

السؤال 5 - 25

احسب قيمة الـ pH لمحلول ناتج من مزج **26 mL** من **0.2 M** هيدروكسيد الصوديوم مع **50 mL** مـــــن **0.1 M** حامض الهيدروكلوريك.

الحـــــل

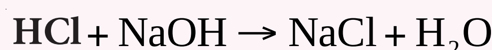
تسحب كمية حامض الهيدروكلوريك في المحلول

$$mmol(HCl) = 0.1 mmol/mL \times 50mL = 5mmol$$

تحسب كمية هيدروكسيد الصوديوم المضافة

$$mmol(NaOH) = 0.2mol/L \times 26 = 5.2\ mmol$$

يتفاعل حامض الهيدروكلوريك مع هيدروكسيد الصوديوم على وفق التفاعل الاتي:



$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$$

تظهر نتائج الحسابات والمعادلة الموزونة للتفاعل ان مكون المحلول بعد المزج هي عبارة عن ملح NaCl الناتج من التفاعل حامض الهيدروكلوريك بشكل تام هيدروكسيد الصوديوم، وبقاء كمية زائدة من قاعدة والتي يمكن حسابها كالاتي

كمية القاعدة المتفاعلة مع الحامض - كمية القاعدة الكلية = كمية القاعدة الزائدة (غير متفاعل) في المزيج

$$= 5.2mmol - 5mmol = \mathbf{0.2}mmol$$

يمكن الان حساب التركيز NaOH بعد المزيج كالاتي

$$C(NaOH)(mmol/ml) = \frac{mmol(NaOH)}{\text{الحجم الكلي للمحلول}}$$

$$C\ NaOH = \frac{0.2mmol}{(50+26)mL} = 2.6 \times 10^{-3} M$$

وبما ان هيدروكسيد الصوديوم قاعدة قوية وملح NaCl هو ملح متعادل لذلك فأن قيمة **pH** المحلول تحسب كالاتي:

$$\mathbf{pOH} = -\log[OH^-] = -\log CNaoH = -\log 2.6 \times 10^{-3} = 2.58$$

$$\mathbf{pH} = 14 - POH = 14 - 2.58 = 11.42$$

تمرين 5-16

اذا علمت أن لتراً واحداً من المحلول المشبع لكرومات الفضة Ag_2CrO_4 (M = 332 g/mole) يحوي 0.0215 g من الملح، احسب ثابت حاصل الذوبان لهذا الملح.

الحل



$$Ag_2CrO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + CrO_4^{-2}$$

يحسب التركيز المولاري للملح الذائب في المحلول (المتفكك) من عدد غرامات الملح الذائبة

تركيز الجزء المتفكك من ملح $ArCrO_4$ = $[CrO_4^{2-}]$

وبما ان لتر واحد من محلول هذا الملح يحوي على 0.0215g منه لذا فأن

$$\frac{0.0215 g/L}{332 g/mol} = 6.47\times10^{-5} mol/L$$

$$\therefore Ksp = [CrO_4^{2-}][Ag^+]^2$$

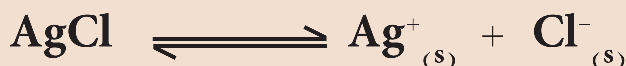
$$= (6.47\times10^{-5})\times(2\times 6.47\times10^{-5})^2$$

$$= 1.1\times10^{-12}$$

تمرين 5-17

احسب الذوبانية المولارية و الذوبانية بدلالة (g/L) لملح كلوريد الفضة AgCl (M =143.5 g/mol) في محلوله عند حالة الاتزان، اذا علمت ان $K_{sp}(AgCl) = 1.8\times10^{-10}$.

الحل



$$AgCl \rightleftharpoons Ag^+_{(s)} + Cl^-_{(s)}$$

$$Ksp = [Ag^+][Cl^-]$$

$$1.8\times10^{-10} = (s)(s)$$

$$s = 1.34\times10^{-5} mol/L$$

وهي الذوبانية المولارية لملح AgCl ولحساب ذوبانية الملح بدلالة g/L

الكتل المولية للملح x الذوبانية المولارية للملح = الذوبانية بدلالة (g/L)

$$= S\times M$$

$$= 1.34\times10^{-5} mol/L \times 143.5 g/mol$$

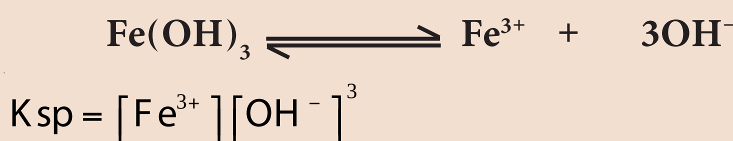
$$= 1.93\times10^{-3} g/L$$

تمرين 5-18

ما هي اقل دالة حامضية (pH) لمحلول يحوي ايون الحديد (III) بتركيزيساوي 2×10^{-10} M، التي اذا تم الوصول اليها او تجاوزها يبدأ راسب هيدروكسيد الحديد (III) بالظهور في المحلول $Ksp = 5 \times 10^{-38}$.

الحل

تكتب معادلة كيميائية موزونة لتفكك هيدروكسيد الحديد ثم تكتب العلاقة الرياضية للتعبير عن ثابت حاصل الذوبان



$$Fe(OH)_3 \rightleftharpoons Fe^{3+} + 3OH^-$$

$$Ksp = [Fe^{3+}][OH^-]^3$$

نفرض ان اقل تركيز لايون الهيدروكسيد يبدأ عنده تكون راسب $Fe(OH)_3$ (التركيز عند حالة الاتزان) هو x mol/L ويعرض في العلاقة الرياضية لحاصل الذوبان

$$5 \times 10^{-38} = (2 \times 10^{-10})(x)^3$$

$$x = 6.3 \times 10^{-10} \ mol/L = [OH^-]$$

وهذا يمثل تركيز أيون الهيدروكسيد في المحلول والذي يمكن حساب الدالة الحامضية لهذا المحلول وكالاتي:

$$[H^+] = \frac{Kw}{[OH^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{(6.3 \times 10^{-10})}$$

$$[H^+] = 1.587 \times 10^{-5} \ mol/L$$

$$pH = -\log(1.587 \times 10^{-5}) = 4.799$$

تمرين 5-19

قيمة ثابت حاصل الاذابة لملح فلوريد المغنيسيوم MgF_2 تساوي $K_{sp} = 6.5 \times 10^{-9}$. (أ) احسب الذوبانية المولارية لهذا الملح في الماء النقي، (ب) احسب الذوبانية المولارية لهذا الملح في محلول فلوريد الصوديوم NaF (الكتروليت قوي) تركيزه 0.1 mole/L، ثم قارن النتيجتين.

الحل



$$MgF_2 \rightleftharpoons Mg^{+2}_{(s)} + 2F^-_{(2s)}$$

أ)

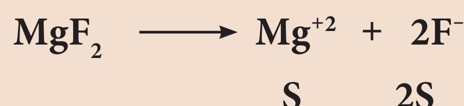
$$Ksp = [Mg^{+2}][F^-]^2$$

$$6.5 \times 10^{-9} = (s)(s)^2$$

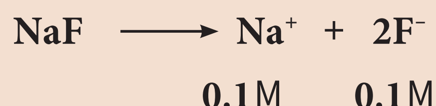
$$s = 1.18 \times 10^{-3} mol / L$$

الذوبانية المولارية في الماء النقي

ب)



$$MgF_2 \longrightarrow Mg^{+2} + 2F^-$$
$$S \qquad 2S$$



$$NaF \longrightarrow Na^+ + 2F^-$$
$$0.1M \qquad 0.1M$$

$$Ksp = [Mg^{+2}][F^-]^2$$

$$6.5 \times 10^{-9} = (S) \times (2S + 0.1)^2$$

وبما ان قيمة S صغير جداً بالمقارنة مع 0.1 لذلك يمكن استعمال التقريب اي ان

$$2S + 0.1 \approx 0.1M$$

$$6.5 \times 10^{-9} = (S) \times (0.1)^2$$

$$s = 6.5 \times 10^{-7} mol/L$$

وتلك تمثل الذوبانية المولارية لهذا الملح بوجود الايون المشترك الناتج من تفكك الملح القوي NaF

تمرين 5-20

احسب ذوبانية هيدروكسيد الخارصين في محلـــــــــــــول ثبتت حامضيته عند (أ) pH= 6، و(ب) pH = 9.0، اذا علمت ان $K_{sp}(Zn(OH)_2) = 1.2 \times 10^{-17}$، ثم ناقش النتائج.

الحـــل

أ) يحسب آيون الهيدروكسيد في المحلول الذي ثبتت قيمة الدالة الحامضية له pH =6

$$[H^+] = 10^{-pH}$$

$$[H^+] = 10^{-6}\,M$$

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-6}} = 10^{-8}\,mol/L$$



$$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2OH^-$$

$$Ksp = [Zn^{2+}][OH^-]^2$$

وبما ان قيمة $[OH^-]$ في المحلول قد ثبت عن 10^{-8} لذلك يمكن حساب تركيز $[Zn^{2+}]$ في المحلول والذي يمثل الذوبانية المولارية لهذا الملح

$$[Zn^{2+}] = \frac{Ksp}{[OH^-]^2} = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{(10^{-8})^2}$$

$$[Zn^{2+}] = 0.12\,mol/L$$

ب) عندما ثبتت قيمة الاس الهيدروجيني عند pH=9

$$[H^+] = 10^{-9}\,mol/L$$

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-9}} = 10^{-5}\,mol/L$$

$$[Zn^{2+}] = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{(10^{-5})^2} = 1.2x10^{-7}\,mol/L$$

يلاحظ ان قابلية ذوبان هذا الملح تعتمد بشكل كبير على قيمة الاس الهيدروجيني للمحلول ففي المحلول الحامضي الضعيف (pH=6) كانت الذوبانية المولارية تساوي 0.12mol/L ولكنها قلت بشكل كبير جداً عندما اصبح المحلول قاعدي (pH=9) حيث اصبحت تساوي $1.2x10^{-7}$ mol/L ويمكن عمل المقارنة بالشكل التالي

$$\frac{0.12}{1.2 \times 10^{-7}} = 1 \times 10^{6}$$

اي ان الذوبانية عند pH=6 هي اكبر بمليون مرة عنها عند pH=9

السؤال 5 – 9

إكمل الفراغات فى الجدول الاتى:

الملح	الذوبانية	K_{sp}	pK_{sp}
Ag_2S	(mole/L)	6.0×10^{-50}	
MgC_2O_4	(g/L)		4.06
Sb_2S_3	1.35×10^{-19} (mole/L)		
$ZnSO_4$	0.02 (g/L)		

الحل

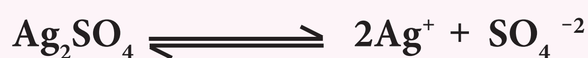
الملح	الذوبانية	K_{sp}	pK_{sp}
Ag_2S	3.91×10^{-17} (mol/L)	6.0×10^{-50}	49.22
MgC_2O_4	1.05 (g/L)	8.71×10^{-5}	4.06
Sb_2S_3	1.35×10^{-19} (mol/L)	3.23×10^{-94}	93.49
$ZnSO_4$	0.02 (g/L)	1.54×10^{-8}	7.81

السؤال 5 – 20

احسب الذوبانية المولارية (mole/L) والذوبانية بدلالة (g/L) لملح كبريتات الفضة Ag_2SO_4 ($pK_{sp} = 4.92$ و $M = 314$ g/mole) في (أ) الماء النقي.

(ب) محلول 0.15 M كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4.

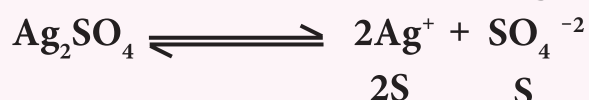
الحل



$$Ag_2SO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + SO_4^{-2}$$

$$K_{sp} = [Ag^+]^2 [SO_4^{-2}]$$

أ) نفرض ان الذوبانية المولارية تساوي S mol / L



$$Ag_2SO_4 \rightleftharpoons \underset{2S}{2Ag^+} + \underset{S}{SO_4^{-2}}$$

$$K_{sp} = (2s)^2 \times s = 4s^3$$

$$K_{sp} = 10^{-pK_{sp}} = 10^{-4.92} = 1.2 \times 10^{-5}$$

$$1.2 \times 10^{-5} = 4s^3$$

$$s = 0.014 \ \ mol/L$$

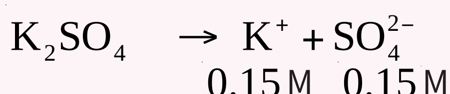
ان الذوبانية بدلالة عدد الغرامات في اللتر فيمكن حسابها من حاصل ضرب الذوبانية المولارية في الكتلة المولارية للملح

الذوبانية $(g/L) = s\,(mol/L) \times M\,(g/mol)$

$$= 0.014 \ \ mol/L \times 314 g/mol$$

$$= 4.396 \ \ g/L$$

ب) هنا نحسب الذوبانية بوجود ايون مشترك



$$K_2SO_4 \rightarrow K^+ + SO_4^{2-}$$

$$0.15\,M \quad 0.15\,M$$

نفرض ان الذوبانية المولارية تساوي y وبذلك يكون

$$[Ag^+] = 2y \quad , \quad [SO_4^{2-}] = (y + 0.15)$$

$$K_{sp} = 1.2 \times 10^{-5} = (2y)(y + 0.15)$$

وفي تلك الحالة يمكن اجراء التقريب بان نفرض ان $y \ll (y + 0.15)$ ولذلك تصبح

$$1.2 \times 10^{-5} = y \times 0.15$$

$$y = \frac{1.2 \times 10^{-5}}{0.3} = 4 \times 10^{-5} \ \ mol/L$$

وتلك القيمة تمثل الذوبانية المولارية لملح كبريتات الفضة في المحلول كبريتات البوتاسيوم اما الذوبانية بدلاله g/L في هذا المحلول فيمكن حسابها كما يأتي:

$$(g/L) = s\,(mol/L) \times M\,(g/mol)$$

$$= 4 \times 10^{-5} \ \ mol/L \times 314 \ \ g/mol$$

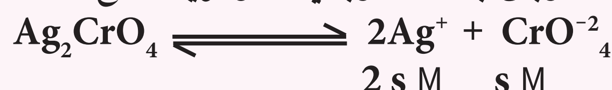
$$= 1.26 \times 10^{-2} \ \ g/L$$

السؤال 5 - 21

ما عدد غرامات ملح كرومات الفضة Ag_2CrO_4 $(M = 332\ g/mole)$ التي يمكن ان تذوب في 100 mL من الماء المقطر؟ علما بأن $K_{sp} = 1.1 \times 10^{-12}$.

الحل

تكتب المعادلة الموزونة التي تمثل ذوبان كرومات الفضة Ag_2CrO_4 يؤشر عليها التركيز المولاري للأيونات الناتجة من عملية الذوبان بدلالة الذوبانية المولارية للملح



$$Ag_2CrO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + CrO_4^{-2}$$
$$2\,s\,M \qquad s\,M$$

تكتب العلاقة الرياضية للتعبير عن ثابت حاصل الذوبانية K_{sp} لهذا الملح

$$K_{sp} = [Ag^+]^2\,[CrO_4^{2-}]$$

يتم التعويض في تلك العلاقة عن قيم التركيز المولارية لايونات الفضة والكرومات عند حالة الاتزان بدلاله S.

$$1.1\times10^{-12} = (2s)^2(s) = 4s^3$$

$$s = \sqrt[3]{\frac{1.1\times10^{-12}}{4}} = \sqrt[3]{2.75\times10^{-13}}$$

$$s = 6.51\times10^{-5} \quad mol/L$$

يمكن حساب عدد غرامات ملح كرومات الفضة التي تذوب في 100mL من الماء المقطر من تطبيق العلاقة بين التركيز المولاري والكتلة وحجم المحلول (قانون المولارية) كالاتي:

$$m(g) = M\,(mol/L)\times V(L)\times M(g/mol)$$

$$m = 6.51\times10^{-5}\,mol/L\times100mL\times\frac{1L}{1000mL}\times332g/mol$$

$$m = 2.161\times10^{-3}g$$

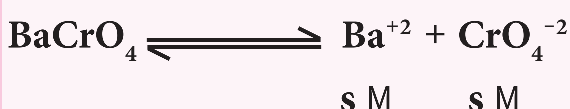
حيث ان m تمثل الكتلة Ag_2CrO_4 التي تذوب في 100mL من الماء المقطر.

السؤال 5 - 22

ما ذوبانية ملح كرومات الباريوم $BaCrO_4$ في محلول يكون فيه تركيز كلوريد الباريوم $BaCl_2$ (الكتروليت قوي) يساوي 0.1 M؟ اذا علمت ان $K_{sp}(BaCrO_4) = 1.2 \times 10^{-10}$.

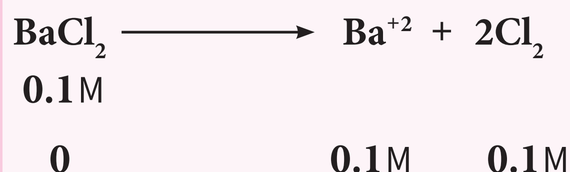
الحـــل

تكتب معادلة تفكك ملح $BaCrO_4$ شحيح الذوبان الموزونة ومعادلة تفكك ملح $BaCl_2$ (الكتروليت قوي) الموزونة وتؤشر على كل منها التركيز المولارية عند حالة الاتزان للايونات الناتجة من عملية التفكك كالاتي:



$$BaCrO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + CrO_4^{-2}$$

التركيز عند حالة الاتزان: s M   s M



$$BaCl_2 \longrightarrow Ba^{+2} + 2Cl_2$$

التركز الابتدائي: 0.1 M

التراكز عند حالة الاتزان: 0   0.1 M   0.1 M

$$K_{sp} = [Ba^{2+}][CrO4^{2-}]$$

يعوض عن قيم تراكيز ايون الكرومات و الباريوم بما يساويها في المحلول

$$K_{sp} = 1.2 \times 10^{-10} = (0.1 + s)(s)$$

وهنا يمكن تقريب القيمة M $(0.1 + s)$ الى 0.1M حيث ان التركيز ايون الكرومات يكون صغيراً جداً بالمقارنة مع 0.1 ، لذلك فان:

$$1.2 \times 10^{-10} = 0.1 \times s$$

$$s = \frac{1.2 \times 10^{-10}}{0.1} = 1.2 \times 10^{-9} M$$

وتلك القيمة تمثل الذوبانية المولارية لملح كرومات الباريوم بوجود تأثير الايون المشترك الناتج من وجود ملح $BaCl_2$ في نفس المحلول.

السؤال 5 – 28

احسب الذوبانية المولارية s (التركيز المولاري للايونات الناتجة من تفكك القاعدة الشحيحة عند حالة الاتزان) و الذوبانية بدلالة (g/L) لهيدروكسيد الخارصين $Zn(OH)_2$ (M=99.4 g/mol).

اذا علمت ان $K_{sp}(Zn(OH)_2) = 1.2 \times 10^{-17}$.

الحــل



$$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{+2} + 2OH^-$$

$$K_{sp} = [Zn^{+2}][OH^-]^2$$

$$1.2 \times 10^{-17} = [s][2s]^2$$

$$1.2 \times 10^{-17} = [4s]^3$$

$$3 \times 10^{-18} = [s]^3$$

$$[s] = 1.19 \times 10^{-6}\ mol/L$$

$$mg = M\ mole/L \times V_{(L)} \times M(g/mole)$$

$$mg = 1.19 \times 10^{-6} \times 1 \times 99.4$$

$$m = 0.00012\ g$$

كتلة هيدروكسيد الخارصين الذائبة في لتر واحد من الماء

السؤال 5 – 30

ان تركيز أيون الكالسيوم $(M = 40\ g/mole)$ في بلازما الدم يساوي $0.1\ g/L$، فاذا كان تركيز أيون الاوكزالات فيه يساوي $1\times10^{-7}\ M$، هل تتوقع ان تترسب اوكزالات الكالسيوم CaC_2O_4 $(pK_{sp} = 8.64)$؟

الحـــل

يبدأ ترسيب اى ملح شحيح الذوبان اذا كان حاصل ضرب التركيز المولارية للايونات المكونة له في المحلول اكبر من قيمة ثابت حاصل ذوبان الملح . وفي هذا المثال فالملح المقصود هو اوكزالات الكالسيوم الذي يترسب وفق المعادلة الاتية:



$$CaC_2O_4 \rightleftharpoons Ca^{2+} + C_2O_4^{2-}$$

عند حالة الاتزان

$$K_{sp} = [\ Ca^{2+}\ ]\ [\ C_2O_4^{\ 2-}\ ]$$

ولمعرفة هل يترسب اوكزالات الكالسيوم في الدم اولاً يجب حساب قيم التركيز المولارية لايونات الكالسيوم والاوكزالات فيه ومقارنة حاصل ضرب قيمها مع قيمة ثابت حاصل ذوبان الملح

$$\left[Ca^{2+}\right] = \frac{C_{Ca^{2+}}\,(g/L)}{M_{Ca^{2+}}\,(g/mol)}$$

والكتلة المولية للكالسيوم $40 g/mol$

$$= \frac{0.1\ g/L}{40\ g/mol} = 2.5\times^{-3}\quad mol/L$$

حاصل ضرب التركيز المولارية لايون الكالسيوم وايون الاوكزالات هي

$$\left[Ca^{2+}\right]\left[C_2O_4^{2-}\right] = \left(2.5\times10^{-3}\right)\times\left(1\times10^{-7}\right) = 2.5\times10^{-10}$$

اما قيمة ثابت حاصل الذوبان

$$K_{sp} = 10^{\,-pKsp} = 10^{\,-8.64} = 2.24 \times 10^{-9}$$

وعند المقارنة يظهر حاصل ضرب تراكيز الايونات اصغر من قيمة K_{sp} لذلك لايحصل ترسيب

السؤال 5 - 5

اختر الجواب الصحيح :

1. أن عدد مليغرامات يودات الباريوم ($K_{sp} = 1.57 \times 10^{-9}$ و $M= 487\ g/mole$) التي يمكن أن تذوب في 150 mL من الماء النقي هي: (أ) 34.4 mg، (ب) 44.4 mg، (ج) 53.4 mg.

2. التركيز المولارية لايونات Na^+ و SO_4^{2-} في محلول مائي يكون تركيزاً لكبريتات الصوديوم فيه يساوي 0.4 M هي: (أ) $[SO4^{2-}] = 0.4$ M و $[Na^+]= 0.4$M، (ب) $[SO_4^{2-}] = 0.4$ M و $[Na^+]= 0.2$M، (ج) $[SO_4^{2-}] = 0.4$M و $[Na^+]= 0.8$M.
(ب) $pH = 7.0$ و $pOH = 7.0$، (ج) $pH = 12.7$ و $pOH = 1.3$.

3. قيم pH و pOH لمحلول 0.05 M هيدروكسيد الصوديوم هي: (أ) $pH = 1.3$ و $pOH = 12.7$، (ب) $pH = 7.0$ و $pOH = 7.0$، (ج) $pH = 12.7$ و $pOH = 1.3$.

4. أن قيمة pOH لمحلول نترات الامونيوم المائية بتركيز 0.5 M تساوي: (أ) 7.00، (ب) 9.22، (ج) 4.78.

5. يكون المزيج البفري المكون من خلط الامونيا مع ملح نترات الامونيوم: (أ) حامضياً، (ب) متعادلاً، (ج) قاعدياً.

الحـــل

1- الفرع (ج)

2 - الفرع (ج)

3 - الفرع (ج)

4 - الفرع (ب)

5 - الفرع (ج)

السؤال 5-14 اذا كانت هناك حاجة لتحضير محلول بفر ذو $pH = 9.0$ من مزج NH_3 مع NH_4Cl. كم يجب ان تكون النسبة بين $\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$ ؟

الحـــل الحل لحساب القيمة المطلوبة، تطبق العلاقة الاتية بعد حساب القيمة pOH المحلول المطلوب

$$pOH = 14 - pH = 14 - 9 = 5$$

$$pOH = pK_b + \log\frac{[salt]}{[base]}$$

$$pOH = pK_b + \log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$$

وبما أن للامونيا يساوي 4.74 لذلك فان

$$5 = 4.74 + \log\frac{[NH^+{}_4]}{[NH_3]}$$

$$\log\frac{[NH_4^+]}{NH_3} = 0.26$$

$$\frac{[NH_4^+]}{NH_3} = 1.82$$

الفصل السادس

6

تفاعلات التأكسد والاختزال والكيمياء الكهربائية

Redox Reactions and Electrochemistry







مفردات الفصل السادس

المفاهيم الاساسية

التاكسد Oxidation

عبارة عن تغير كيميائي يصحبه فقدأنّ في الالكترونات من ذرة او مجموعة من الذرات ويؤدي لزيادة في اعداد التأكسد.

الاختزال Reduction

عبارة عن تغير كيميائي تكتسب فيه الذرة او مجموعة من الذرات الكترونات يصاحبها نقصأنّ في عدد التاكسد للعنصر.

العامل المختزل Reduction Agent

المادة التي تتأكسد وتسبب اختزالا لمادة اخزى.

العامل المؤكسد Oxidizing Agent

المادة التي تختزل وتسبب تأكسدا لمادة اخرى.

الأنّود Anode

هو القطب الذي تجري عنده عملية الأكسدة والذي يكون مصدراً للالكترونات.

الكاثود Cathode

هو القطب الذي تجري عنده عملية الاختزال والذي تتحول اليه الالكترونات المنتقلة من الأنّود.

الخلايا الكهروكيميائية Electrochemical cells

تتكون الخلية الكهروكيميائية عادة من قطبين يسمى احدهما القطب الموجب او الأنّود، اما القطب الثأنّي فهو القطب السالب ويدعى بالكاثود ويكون كلا القطبين مغمورين في محلول الكتروليتي تشترك مكوناته في تفاعلات الأكسدة والاختزال التي تجري على سطحي القطبين.

الخلايا الكلفأنّية Galvanic cells

هي تلك الخلايا التي تتحول فيها الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية من خلال تفاعل كيميائي يجري تلقائياً، لتوليد تيار كهربائي وتسمى مثل تلك الخلايا بالخلايا الكلفأنّية او الفولتائية .

الخلايا الالكتروليتية Electrolyte cells

هي الخلايا المستهلكة للتيار الكهربائي وفيها تتحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية وتجري تفاعلاتها بشكل غير تلقائي ولها تطبيقات مهمة في الصناعة، تستخدم خلايا التحليل الكهربائي في تنقية الفلزات وفي عملية الطلاء الكهربائي.

القوة الدافعة الكهربائية للخلية Electromotive force

يرمز له بالرمز (emf) يسمى الجهد عبر الاقطاب في الخلية الكلفأنّية بجهد الخلية ويرمز له بالرمز (E_{cell}) ويسمى جهد الخلية بمصطلح شائع اخر القوة الدافعة الكهربائية للخلية وبالرغم من دلالة الاسم فهو مقياس للجهد وليس للقوة.

معادلة نيرنست Nernest equation

هي العلاقة التي تربط جهد الخلية غير قياسي (E_{cell}) مع جهد الخلية القياسي (E°_{cell}) ، عندما تكون المواد المشاركة جميعها ذات تراكيز لا تساوي الواحد الصحيح وفي درجات حرارية مختلفة.

مقدمة شاملة

الكيمياء الكهربائية، هي فرع الكيمياء الذي يهتم بدراسة ألتفاعلات الكيميائية (تفاعلات الأَكسدة والاختزال) التي تولد تياراً كهربائياً متمثلة في دراسة الخلايا الكلفأنّية وتفسير كيفية توليد التيار الكهربائي فيها، وتطبيق ذلك في الحياة العملية من خلال دراسة الأنّواع المختلفة من البطاريات، سواء تلك التي ينتهي عملها بأنتهاء المواد المتفاعلة ام تلك التي يمكن اعادة شحنها وبالآتي اطالة عمرها . كذلك يوضح هذا الفصل التغييرات الكيميائية التي يحدثها التيار الكهربائي عند مروره في الالكتروليتات، وتوظيف ذلك في استخلاصه الفلزات من خاماتها وتنقيتها والطلاء الكهربائي .

وسنتناول في هذا الفصل دراسة مفاهيم الأَكسدة والاختزال، كما سيتم ربط موضوع الدرس بحياة الطالب العملية من خلال التطبيقات العملية .

الاهداف العامة للفصل

في المجال المعرفي / بعد الأنّتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على أنّ :

1 - يتعرف على أنّواع الخلايا والموصلات الكهربائية .

2 - يصنف البطاريات العملية .

3 - يعرف أنّواع الخلايا الالكتروليتية .

4 - يحدد عمل الخلايا الكلفأنّية .

5 - يرتب جهود الاختزال القياسية للعناصر تصاعدياً .

6 - يحدد كمية المادة المترسبة عند الكاثود .

7 - يبين أنّواع التفاعلات الكيميائية التي تحدث في الخلايا التحليلية .

8 - يفسر تولد التيار الكهربائي من تفاعلات كيميائية .

9 - يحدد نواتج التحليل الكهربائي للمحاليل الالكتروليتية .

10 - يتنبأ بالتفاعلات التي ستحدث عند الاقطاب في الخلايا الالكتروكيميائية .

11 - يستنتج الأنّود والكاثود في الخلايا الكلفأنّية والالكتروليتية .

12 - يتوصل إلى مفهومي الأَكسدة والاختزال عن طريق الأنّتقال الالكتروني .

13 - يحدد العامل المؤكسد والعامل المختزل من خلال أنّتقال الالكترونات .

14 - يفسر تفاعلات الأَكسدة والاختزال .

15 - يعرف عمليتي الأَكسدة والاختزال.

في المجال المهاري / بعد الأنّتهاء من دراسة الفصل يكون الطّالب قادراً على أنْ :

1 - يتفحص خلية كلفأنّية ، ويتعرف على مكوناتها .

2 - يقوم باجراء عمليات تحليل كهربائي لمحاليل الكتروليتات ويتعرف على نواتجها.

3 - يصمم خلية كلفأنّية، ويقيس القوة المحركة الكهربائية لها.

4 - يحسب القوة المحركة الكهربائية لخلية كلفأنّية من الفرق بين جهدي اختزال الكاثود والأنّود.

5 - يرسم خلية كلفأنّية موضحاً البيأنّات كاملة.

6 - يكتب التفاعلات إلتي ستحدث عند الاقطاب في الخلايا الالكتروكيميائية .

في المجال الوجدأنّي / بعد الأنّتهاء من دراسة الفصل يكون قادراً على أنّ :

1 - يقدر عظمة الخالق (سبحأنّه وتعإلى) في دقة صنعة في تركيب المواد وترتيب الكتروناتها وتوظيفها لتوليد التيار الكهربائي .

2 - يقدر جهود العلماء في المكتشفات المختلفة، ومنها الأنّواع المختلفة للبطاريات، مثل العالم لويجي كلفأنّي الذي سميت تلك الخلايا بأسمه.

3 - ينمي ميوله نحو القراءة العلمية في الموضوعات المتعلقة بالكيمياء الكهربائية.

4 - ينمي قدراته في التفكير العلمي من خلال الأنّشطة العقلية والتطبيقات الحسابية وطرح التساؤلات في الفصل .

خطة انموذجّية مقترحة للدرس

اسم الموضوع / الخلية الكلفأنّية .

الاهداف السلوكية للدرس

في المجال المعرفي / بعد الأنّتهاء من الدرس يكون الطالب قادراً على أنْ :

1 - يعرف الخلية الكلفأنّية .

2 - يميز بين الأنّود والكاثود .

3 - يفسر تولد التيار الكهربائي في الخلية الكلفأنّية .

4 - يوضح اتجاه حركة الالكترونات في الدائرة الخارجية .

5 - يبين عمل وأهمية الجسر الملحي في الخلايا الكلفأنّية .

في المجال المهاري / بعد الأنّتهاء من الدرس يكون الطالب قادراً على أنّ :

1 - يقوم بإجراء تجربة لتوليد تيار كهربائي من تفاعلات كيميائية .

2 - يستنتج الأنّود والكاثود في الخلايا الكلفأنّية .

3 - يستخدم الادوات والمواد الكيميائية بمهارة،ذلك من خلال القيام بالعروض العملية .

4 - يختار المواد الأنّسب للاستخدامات المختلفة مثل الاقطاب التي تعطي اكبر قوة دافعة كهربائية ونوع المسامير التي نثبت بها الواح الفلز .

في المجال الوجدأنّي / بعد الأنّتهاء من الدرس يكون الطالب قادراً على أنّ:

1 - يهتم بدراسة الكيمياء من خلال تعرفه وظائف العلم في الحياة وخدمة الأنّسأنّ، مثل توليد التيار الكهربائي المستمر وعمل البطاريات المختلفة.

2 - يميل للعمل في مصأنّع كيميائية لأنّتاج البطاريات والطلاء الكهربائي.

3 - يؤمن بالاسلوب العلمي في حل المشكلات التي تواجه العلماء ، مثل تزويد المركبات الفضائية بخلايا وقود تعطي التيار الكهربائي اللازم لتشغيل الاجهزة والأفادة من الماء الناتج عنها في شرب رواد الفضاء .

سير الدرس / 45 دقيقة .

التمهيد / 5 دقائق .

عزيزي المدرس إِبدأ الموضوع بمناقشة أَهمية الكيمياء الكهربائية في حياتنا، حيث أَنَّها توفر الأنّواع المختلفة من البطاريات التي ساعدت في أنّتشار الكثير من الأَجهزة والادوات الكهربائية. مثل الراديو ولعب الاطفال والآلات الحاسبة وساعات اليد وغيرها.

ويمكن ادارة نقاش حول مبدأ عمل تلك البطاريات، من خلال عرض مجموعة من تلك البطاريات (عمود جاف،بطارية (9) فولت، بطارية ساعة يد، أنموذج لبطارية سيارة) . ويعرض لوحة لمقطع في العمود الجاف واترك الطالب يصف تركيبه من خلالها (كمعلومات سابقة درسها الطالب في المرحلة السابقة) وبأدارتك لنقاش حول التفاعلات التي تحدث في العمود الجاف، وتدوين المعادلات على السبورة اكد أنّ ساق الكاربون لاتدخل في تلك التفاعلات، ثم اشر إلى غطاس النحاس على ساق حاول استخدام مصور او شفافية لعرض جدول المقارنة بين بعض البطاريات الجافة وتتم مناقشة الطلبة في محتوياته.

العرض / 30 دقيقة .

عزيزي المدرس ابدأ بعرض الدرس، يضع الطالب لوحاً من الخارصين في محلول كبريتات النحاس (II) لمدة دقيقة وليلاحظ الطلبة مإذا يحدث .

بعد ذلك ابدأ حواراً بطرحك لبعض الاسئلة :-

- ما لون الطبقة التي ترسبت على الخارصين ؟ ما اسم تلك الطبقة ؟

اطلب اليهم كتابة المعادلات التي تمثل ما حدث لكلٍّ من الخارصين وأَيونات النحاس، ثم المعادلات التي تجمع النصفين على السبورة :

س / مإذا حدث في كل من هذين التفاعلين (من حيث الأَكسدة والاختزال) ؟ وكيف أنّتقلت الالكترونات في تلك التفاعلات ؟

ج / يؤكد المدرس هنا على أنّتقال الالكترونات بطريقة مباشرة من الخارصين إلى النحاس .

س / مإذا يحدث لكتلة الخارصين ؟

ج / يحدث تآكل بسبب ذوبأنّ بعض الايونات في المحلول .

يتهيأ الطلبة لعرض عملي من خلال طرح سؤال عليهم لاثارة تفكيرهم في ايجاد الجواب من خلال اجراء العرض العملي .

السؤال / هل يمكن ترتيب أنّتقال الالكترونات بحيث يتم بطريقة غير مباشرة ؟

لنجرب ذلك بإجراد العرض العملي الاتي :

يقوم المدرس بتقسيم الطلبة على مجاميع تعاونية يتروح عددهم (4 - 6) طلبة في المجموعة ومن مستويات متباينة، بينما يقوم بمتابعتهم وتوجيههم والاجابة على استفساراتهم من خلال اجراء حواراً ومناقشة للتوصل للأهداف المرسومة للدرس. عزيزي المدرس قم بإجراء حوار ونقاش لاستنتاج تعريف الخلية الكلفأنّية ثُم بَّين أنَّ الخلية تتكون من نصفين يربط بينهما جسر ملحي،وحدد الأنود والكاثود على الخلية،بعد ذلك اطلب من الطلبة استنتاج تعريف لكل منها بناءً على تفاعلات الأكسدة والاختزال التي تحدث في نصفي الخلية .

1 - بعد اجابات الطلبة ابدأ بنقاش تتوصل من خلاله لتفسير تولد التيار الكهربائي في الخلية .

2 - من خلال التساؤل عن مصدر الكهرباء في كل بطارية السيارة وبطارية المصباح اليدوي

3 - ومن اين تخرج الالكترونات ؟وإلى اين تتجه ؟

ويربط بين اتجاه حركة الالكترونات في الدائرة الخارجية واتجاه حركة مؤشر الفولتميتر .

وبعد ماتقدم يمكنك عزيزي المدرس التوصل مع طلبتك إلى تسميتها بالخلايا الكلفأنّية أو البطاريات ، وأشار إلى أنّ العالم لورنجي كلفأنّي هو اول من اكتشف تلك الخاصية . يمكنك تذكير الطلبة بموضوع (مرور التيار الكهربائي في المحاليل الايونية) ويسمى هذا النوع من الخلايا بالالكتروليتية.

- دع الطلبة بمقارنة أنّتقال الالكترونات في الحالة الاولى (أنّتقال مباشر)،والحالة الثأنّية في الخلية الكلفانية، ومن خلال مشاهدتك للطلبة في العرض العملي، اجر حواراً حول تصميم الجسر الملحي،ودون ذلك على السبورة .يمكنك تحضير الجسر الملحي كالآتي :-

خذ أنّابيب زجاجية على شكل حرف U خاصة لعمل الجسر الملحي فوهاتها من الزجاج المصنفر ، ولها اغطية من الزجاج المساحي، ولعمل الجسر الملحي - تذاب 37gمن كلوريد البوتاسيوم أو 106g من كبريتات البوتاسيوم في 100g ماء، وذلك لعمل محلول مشبع ، ثم تملأ الأنّبوبة بالمحلول، وتسد بغطائها وإذا لم تتوافر تلك الأنّابيب، فيمكن عمل الجسر الملحي بتسخين المحلول السابق حتى ثم اضافته إلى مادة الاجار اجار (مادة جيلاتينية) حتى ذوبأنّ الجيلاتين يصب المزيج في أنّبوبة زجاجية على شكل حرف Uحتى تمتليء، وتترك لتبرد،او توضع في الثلاجة حتى تبرد بسرعة.

- قم عزيزي المدرس بكتابة الرمز الاصطلاحي للخلية على السبورة، ووضح معنى هذا الترتيب ، ومفهوم كل جزء من هذا الرمز، وسبب التعبير عن الخلية كتابة .

ولتنمية قدرات الطلبة على التفسير عليك عزيزي المدرس توضيح سبب تحرك الالكترونات في الخلية الكلفانية وذلك من خلال التطرق الى ان القوة الدافعة الكهربائية تنشأ عن قوة دفع وجذب الالكترونات بقوة . بعد ذلك ناقش الطلبة في تأثير جهد القطب على درجة الحرارة وتركيز الايونات وضرورة اعتماد ثوابت لها عند حساب جهد القطب للفلز . وبالتالي يستنتج الطلبة تعريف جهد القطب القياسي.

المعادلات الرئيسة

حساب جهد الخلية القياسية

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$$

العلاقة بين التغيير في الطاقة الحرة مع جهد الخلية

$$\Delta G = -nFE_{cell}$$

العلاقة بين التغيير في الطاقة الحرة القياسية مع جهد الخلية القياسي

$$\Delta G^\circ = -nFE^\circ_{cell}$$

العلاقة بين جهد الخلية القياسي مع ثابت الاتزانّ

$$E^\circ_{cell} = \frac{RT}{nF} \ln K_{eq}$$

العلاقة بين جهد الخلية القياسي مع ثابت الاتزانّ عند درجة حرارة $25^\circ C$

$$E^\circ_{cell} = \frac{0.026\ (V)}{n} \ln K_{eq}$$

معادلة نيرنست لحساب جهد الخلية غير القياسي

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{RT}{nF} \ln Q$$

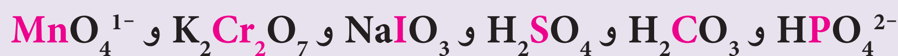
معادلة نيرنست لحساب جهد الخلية غير القياسي عند درجة حرارة $25^\circ C$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.026\ V}{n} \ln Q$$

حلول تمرينات وأسئلة الفصل السادس

تمرين 6 - 1

إحسب عدد تأكسد العناصر المشار اليها باللون الاحمر في المركبات والايونات الآتية:



MnO_4^{1-} و $K_2Cr_2O_7$ و $NaIO_3$ و H_2SO_4 و H_2CO_3 و HPO_4^{2-}

الحل

MnO_4^{1-} : يمكن ايجاد عدد تاكسد Mn حسب القاعدة الرابعة ، $O = -2$

$Mn + 4(-2) = -1$

$Mn = +7$

$K_2Cr_2O_7$: يمكن ايجاد عدد تاكسد Cr حسب القاعدة الرابعة ، $O = -2$

حسب القاعدة الخامسة $K = +1$

$2Cr + 2(+1) + 7(-2) = 0$

$Cr = +6$

$NaIO_3$: يمكن ايجاد عدد تاكسد I حسب القاعدة الرابعة ، $O = -2$

حسب القاعدة الخامسة $Na = +1$

$1(+1) + (I) + 3(-2) = 0$

$I = +5$

H_2SO_4 : يمكن ايجاد عدد تاكسد S حسب القاعدة الرابعة ، $O = -2$

حسب القاعدة الثالثة $H = +1$

$2(+1) + (S) + 4(-2) = 0$

$S = +6$

H_2CO_3 : يمكن ايجاد عدد تاكسد C حسب القاعدة الرابعة ، $O = -2$

حسب القاعدة الثالثة $H = +1$

$2(+1) + (C) + 3(-2) = 0$

$C = +4$

HPO_4^{2-} : يمكن ايجاد عدد تاكسد P حسب القاعدة الرابعة ، $O = -2$

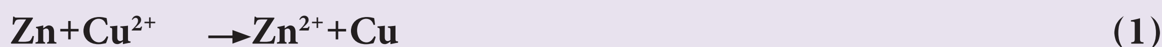
حسب القاعدة الثالثة $H = +1$

$1(+1) + (P) + 4(-2) = -2$

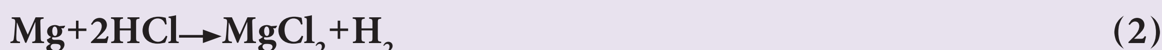
$P = +5$

تمرين 6 – 2

حدد الذرات التي تعأنّي تاكسداً وتلك التي تعأنّي اختزلاً في التفاعلات الآتية مع كتابة أنّصاف التفاعل للتاكسد والاختزال .



(1) $Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$



(2) $Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$

الحـــل



(1) $Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$



نصف تفاعل (تاكسد) $Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$



نصف تفاعل (اختزال) $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow 2Cu$

وعند جمع نصفي التفاعل يجب مساواة عدد الالكترونات المفقودة مع المكتسبة، ولأنّها متساوية، لذا نحصل على التفاعل العام:



$Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$

فالخارصين زاد عدد تأكسده من (0) إلى (+2) فالعملية تدعى تأكسدا . وقلَّ عدد تأكسد النحاس من (+2) إلى (0) فالعملية تدعى اختزالا . لذا يسمى هذا التفاعل تفاعل تأكسد واختزال .



(2) $Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$

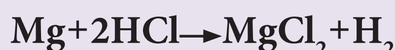


نصف تفاعل (تاكسد) $Mg^0 \longrightarrow Mg^{2+} + 2e^-$



نصف تفاعل (اختزال) $2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$

وعند جمع نصفي التفاعل يجب مساواة عدد الالكترونات المفقودة مع المكتسبةاولاً، ولأنّها متساوية في تلك الحالة، لذا نحصل على التفاعل العام:

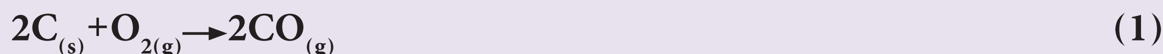


$Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$

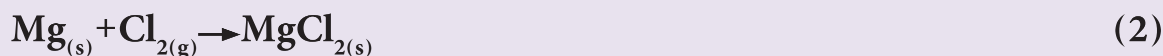
فالمغنيسيوم زاد عدد تاكسده من (صفر إلى +2) فالعملية تدعى تاكسداً. وقلَّ عدد تاكسد الهيدروجين من (+1 إلى صفر) فالعملية تدعى اختزالا . لذا يسمى هذا التفاعل تفاعل تاكسد واختزال .

تمرين 6 - 3

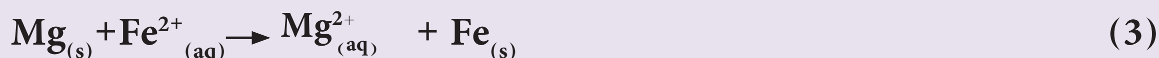
حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل من التفاعلات الآتية:



(1) $2C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{(g)}$

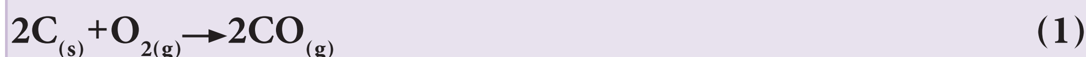


(2) $Mg_{(s)} + Cl_{2(g)} \rightarrow MgCl_{2(s)}$



(3) $Mg_{(s)} + Fe^{2+}_{(aq)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + Fe_{(s)}$

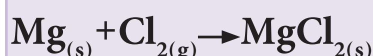
الحل



(1) $2C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{(g)}$

$2C \rightarrow 2C^{2+} + 4e^-$ C: عانى تاكسداً، لذا فهو عامل مختزل

$O_2 + 4e^- \rightarrow 2O^{-2}$ O_2: عانى اختزلاً، لذا فهو عامل مؤكسد



$Mg_{(s)} + Cl_{2(g)} \rightarrow MgCl_{2(s)}$

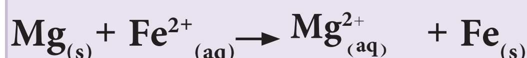
(2)



$Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$ Mg: عانى تاكسداً، لذا فهو عامل مختزل



$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$ Cl_2: عانى اختزالاً، لذا فهو عامل مؤكسد.



$Mg_{(s)} + Fe^{2+}_{(aq)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + Fe_{(s)}$

(3)



$Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$ Mg: عانى تاكسداً، لذا فهو عامل مختزل



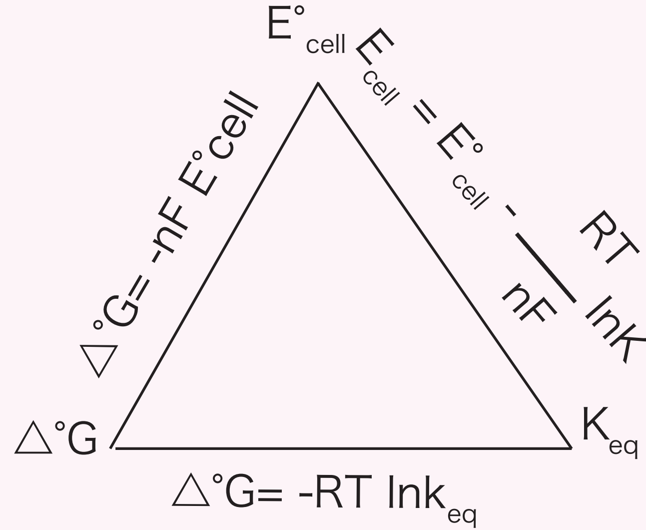
$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$ Fe^{2+}: عانى اختزالاً، لذا فهو عامل مؤكسد.

السؤال 6-4

اكتب العلاقة التي تربط ΔG^o مع K_{eq} و E^o_{cell} وعرف الرموز التي تحتويها جميعها.

الحل

العلاقة بين الطاقة الحرة القياسية ΔG^o وجهد الخليه القياسي E^o_{cell} وثابت الاتزانّ K_{eq}



ثابت الغاز $R=8.314 J/K \cdot mol$

درجة الحرارة المطلقة $T=(298K)$

$F= 96500(C/mol)$

(n) تمثل عدد مولات الالكترونات التي يتم حذفها عند جمع تفاعلات نصفي الخلية لايجاد التفاعل العام.

السؤال 6-9

ما الفرق بين الخلية الكلفانّية (مثل خلية دانيال) وخلايا التحليل الكهربائي.

الحل

الخلية الكلفانّية	خلية التحليل الكهربائي
1 - تستخدم التفاعل الكيميائي للحصول على طاقة كهربائية .	1 - تستخدم الطاقة الكهربائية لحدوث تفاعل كيميائي .
2 - تفاعلاتها تكون تلقائية أي أن $\triangle G$ = - سالبة	2 - تحصل بصورة غير تلقائية اي أن $\triangle G$ = + موجبة .
3 - يستخدم فيها جسر ملحي .	3 - لايستخدم فيها جسر ملحي .
4 - تنتقل فيها الالكترونات المتحررة من الذرات إلى الايونات عبر السلك الموصل الخارجي بينما تنتقل الايونات بين المحلولين بواسطة الجسر الملحي.	4 - تنتقل فيها الالكترونات من مصدر الجهد (البطارية مثلاً) الخارجي بواسطة الايونات الموجبة والسالبة الموجودة في المحلول(الالكتروليتيي) او المواد المنصهره.
5 - مثال على الخلية الكلفانّية مثل (خلية دانّيال) وبطاريات (نضائد) الاجهزة الكهربائية وبطارية تشغيل السيارات) .	5 - مثال على خلايا التحليل الكهربائي مثل خلية الطلاء الكهربائي او خلايا تنقية الفلزات.

السؤال 6-14

في التفاعل الآتي، اي مما ياتي تم اختزاله:



$$2K + Br_2 \longrightarrow 2K^+ + 2Br^-$$

الحل



$$2K + Br_2 \longrightarrow 2K^+ + 2Br^-$$

أنّ Br_2 تم اختزاله بأستخدام البوتاسيوم K حيث أنّ عدد تأكسده قل من (صفر إلى 1−).

بينما عانى البوتاسيوم تأكسداً لأنّ عدده التأكسدي زاد من (صفر إلى1+)



$$2K \longrightarrow 2K^+ + 2e^-$$ تأكسد



$$Br_2 + 2e^- \longrightarrow 2Br^-$$ اختزال



$$2K + Br_2 \longrightarrow 2K^+ + 2Br^-$$ التفاعل العام

السؤال 6-15

حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الآتي:



$$AgNO_2 + Cl_2 + 2KOH \longrightarrow AgNO_3 + 2KCl + H_2O$$

الحل

التفاعل الاتي:



$$AgNO_2 + Cl_2 + 2KOH \longrightarrow AgNO_3 + 2KCl + H_2O$$

العامل المؤكسد	العامل المختزل
 Cl_2	 $AgNO_2$
لأنّه عانى اختزالاً	لأنّه عانى تأكسداً

السؤال 6-18

لماذا يزداد جهد خلية الخزن الرصاصية عند زيادة تركيز محلول قطب الكاثود وعند خفض تركيز محلول قطب الأنّود؟

الحل

عند خفض تركيز محلول قطب الأنّود يقل جهد الاختزال (يزداد جهد تأكسده) وعند زيادة تركيز محلول قطب الكاثود يزداد جهد اختزاله، فيزداد فرق الجهد بين القطبين وبالآتي يزداد جهد الخلية E_{cell} وذلك لكون أنّ جهد الخليه يمثل الفرق بين جهد اختزال قطبي الأنّود والكاثود.

السؤال 6-19 مّما يتكون أنّود وكاثود البطارية الجافة ؟ اكتب تفاعلات نصفي الخلية وتفاعلها العام واهم مميزاتها.

الحـــل

البطارية الجافة يتكون الآنود فيها عبارة عن وعاء خارجي مملؤ بمعجون رطب من MnO_2 وكلوريد الامونيوم NH_4Cl وكاربون (كرافيت) الذي يمثل الكاثود.

حيث تتأكسد ذرات الخارصين عند الآنود



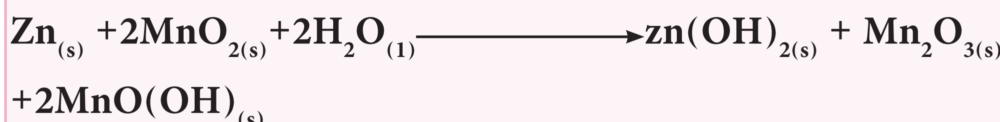
$$Zn_{(s)} + 2OH^{-} \longrightarrow Zn(OH)_2 + 2e^{-}$$

وتنتقل الالكترونات داخل الخلية بواسطة الكاربون وهو الكاثود حيث عنده يختزل MnO_2 بوجود الماء. كما في التفاعل الاتي:



$$2MnO_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} + 2e^{-} \longrightarrow 2MnO(OH)_{(s)} + 2OH^{-}$$

التفاعل العام للخلية

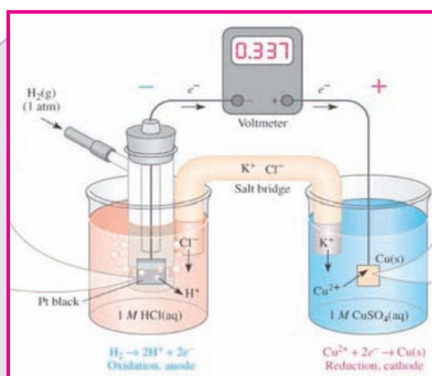


$$Zn_{(s)} + 2MnO_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \longrightarrow zn(OH)_{2(s)} + Mn_2O_{3(s)} + 2MnO(OH)_{(s)}$$

أهم مميزاتها: تعطي جهداً مقداره 1.48V وغير قابلة للشحن وتستخدم في اجهزة الراديو والحاسبات وغيرها.

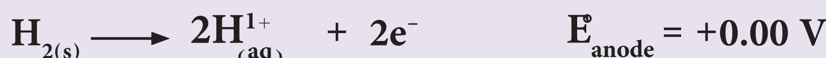
تمرين 6 – 4

للخلية الموضحة في الشكل ادناه المكونة من قطب الهيدروجين كأنود وقطب النحاس ككاثود. إحسب الجهد القياسي لقطب النحاس، إذا علمت أنّ جهد الخلية القياسي الذي تمت قراءته في مقياس الجهد يساوي $+0.337$ V.

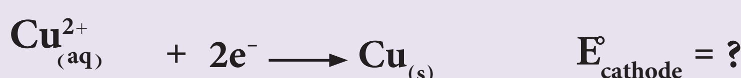


قطب النحاس (الكاثود)   قطب الهيدروجين (الآنود)

الحـــل



$$H_{2(s)} \longrightarrow 2H^{1+}_{(aq)} + 2e^{-} \qquad E^{\circ}_{anode} = +0.00 \text{ V}$$



$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \longrightarrow Cu_{(s)} \qquad E^{\circ}_{cathode} = ?$$

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$$

$$+0.337\ V = (0.00\ V) + E_{cathode}$$

$$E_{cathode} = +0.337\ V$$

اي أنّ جهد الخلية القياسي يمثل الجهد القياسي لقطب النحاس لأنّ القطب الاخر المربوط معه هو (SHE) .

تمرين 6 – 5

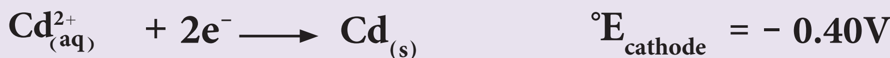
إحسب جهد الخلية القياسي لخلية تم عملها من قطب الكادميوم Cd المغمور في محلول 1M من نترات الكادميوم وقطب الكروم Cr المغمور في 1 M نترات الكروم. إذا علمت أنّ جهود الاختزال القياسية $E^\circ_{Cd^{2+}/Cd} = -0.40\ V$ و $E^\circ_{Cr^{2+}/Cr} = -0.74\ V$.

الحـــل

عند النظر إلى قيم جهود الاختزال القياسية يجب أنّ نختار قطب الكادميوم ككاثود (لأنّه يمتلك اعلى جهد قياسي)



$$Cr_{(s)} \longrightarrow Cr^{2+}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^\circ_{anode} = +0.74\ V$$



$$Cd^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cd_{(s)} \qquad E^\circ_{cathode} = -0.40V$$

لاحظ هنا أنّنا عكسنا اشارة جهد الاختزال القياسية للكروم لأنّ تم استعماله كأنّود (النقطة 4) .

نحصل على التفاعل العام للخلية من حاصل جمع تفاعلات نصفي الخلية إذا كأنّ عدد الالكترونات المفقودة يساوي عدد الالكترونات المكتسبة كما في تفاعلات تلك الخلية .



$$Cr_{(s)} + Cd^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Cr^{2+}_{(aq)} + Cd_{(s)}$$

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$$

$$E^\circ_{cell} = (+0.74\ V) + (+0.40\ V) = +0.34\ V$$

ملاحظة: ويمكن حساب جهد خلية دأنيال القياسي باستخدام العلاقة:

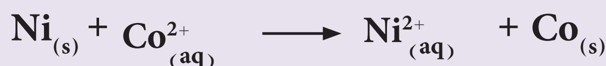
$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{cathode} - E^\circ_{anode}$$

على شرط أنّ ناخذ قيم جهود الاختزال القياسية من الجدول مباشرةً بدون تغيير وعلى الشكل الاتي:

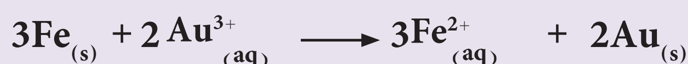
$$E^\circ_{cell} = (-0.40V) - (-0.74\ V) = +0.34\ V$$

تمرين 6 – 6

هل يمكن حدوث كل من تفاعلات التأكسد والاختزال الممثلة بالمعادلات الآتية تحت الظروف القياسية بشكل تلقائي، إذا علمت أنّ جهود الاختزال القياسية $E^\circ_{Co^{2+}/Co} = -0.28\ V$ و $E^\circ_{Ni^{2+}/Ni} = -0.25\ V$ و $E^\circ_{Fe^{2+}/Fe} = -0.44\ V$ و $E^\circ_{Au^{3+}/Au} = +1.50\ V$.



$$Ni_{(s)} + Co^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + Co_{(s)}$$



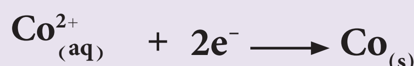
$$3Fe_{(s)} + 2Au^{3+}_{(aq)} \longrightarrow 3Fe^{2+}_{(aq)} + 2Au_{(s)}$$

الحـــل

نكتب تفاعلات نصفي الخلية للتأكسد والاختزال .



$$Ni_{(s)} \longrightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^\circ_{anode} = +0.25\ V$$



$$Co^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Co_{(s)} \qquad E^\circ_{cathode} = -0.28\ V$$

التفاعل العام



$$Ni_{(s)} + Co^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + Co_{(s)}$$

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$$

جهد الخلية القياسي

$$E^\circ_{cell} = (+0.25\ V) + (-0.28\ V) = -0.03\ V$$

بما أن اشارة جهد الخلية القياسي سالبة ، لذا فالتفاعل لايحدث بصورة تلقائية .
أنما التفاعل الخلفي هو التفاعل التلقائي



$$3Fe_{(s)} \longrightarrow 3Fe^{2+}_{(aq)} + 6e^- \qquad E^\circ_{anode} = +0.44\ V$$



$$2Au^{3+}_{(aq)} + 6e^- \longrightarrow 2Au_{(s)} \qquad E^\circ_{cathode} = +1.50\ V$$

التفاعل العام



$$3Fe_{(s)} + 2Au^{3+}_{(aq)} \longrightarrow 3Fe^{2+}_{(aq)} + 2Au_{(s)}$$

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$$

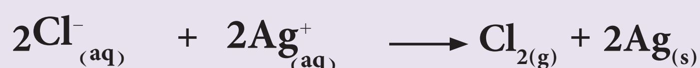
جهد الخلية القياسي

$$E^\circ_{cell} = (+0.44\ V) + (+1.50\ V) = +1.94\ V$$

بما أن اشارة جهد الخلية القياسي موجبة، لذا فالتفاعل يحدث بصورة تلقائية .

تمرين 6 – 7

التفاعل العام لخلية كلفأنّية هو الآتي:



$$2Cl^-_{(aq)} + 2Ag^+_{(aq)} \longrightarrow Cl_{2(g)} + 2Ag_{(s)}$$

عبر عن الخلية كتابةً عند الظروف القياسية ثم بين تفاعلي التأكسد والاختزال.

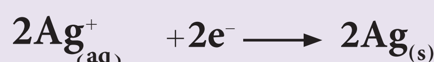
الحـــل

تفاعل التأكسد عند الأنّود:



$$2Cl^-_{(aq)} \longrightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$$

تفاعل الاختزال عند الكاثود:



$$2Ag^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow 2Ag_{(s)}$$

ويعبر عن تلك الخلية كتابةً على الصورة الآتية :

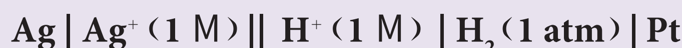


$$Pt\,|Cl_2\,(1\ atm)\,|\,Cl^-\,(1\ M)\,||\,Ag^+\,(1\ M)\,|\,Ag$$

تمرين 6 – 8

هل بامكانّ محلول HCl إذابة فلز الفضة الموجود في محلول يحتوي على ايون الفضة Ag^+ بتركيز (1M) للخلية الآتية، علما أنّ جهد الاختزال القياسي للفضة $E^\circ_{Ag^+/Ag} = +0.80\ V$.

(معلومة: يقصد بذوبأنّ الفلز في المحلول هي حدوثه بشكل تلقائي).



$$Ag\,|\,Ag^+\,(1\ M)\,||\,H^+\,(1\ M)\,|\,H_2\,(1\ atm)\,|\,Pt$$

الحـــل

التفاعل المكتوب على اليسار هو التفاعل عند الأنّود (تأكسد)



$$2Ag_{(s)} \longrightarrow 2Ag^+_{(aq)} + 2e^- \qquad E_{anode} = -\,0.80\ V$$

التفاعل المكتوب على اليمين هو التفاعل عند الكاثود (اختزال)



$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow H_{2\,(g)} \qquad E^\circ_{cathode} = 0.00\ V$$

ويمكن حساب جهد الخلية القياسي

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$$

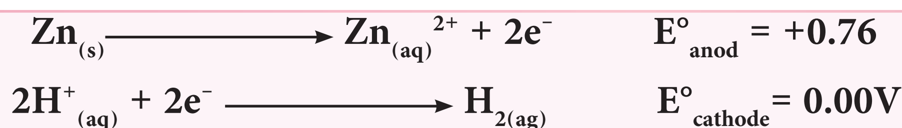
$$E^\circ_{cell} = (-\,0.80\ V) + (0.00\ V)$$

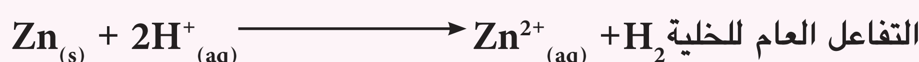
قيمة جهد الخلية سالبة فالتفاعل غير تلقائي لايمكن إذابة فلز لفضة في مثل تلك الخلية .

السؤال 6-8

إحسب E°_{cell} للخلية المكونة من نصفي التفاعل Zn/Zn^{2+} و SHE . كم سيكون جهد الخلية E_{cell} إذا كانّ $[Zn^{2+}] = 0.45$ M , $P_{H_2} = 1$ atm , $[H^+] = 1.8$ M . إذا علمت أنّ جهد الاختزال القياسي $E^\circ_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76$ V .

الحـــل





ولحساب جهد الخلية القياسي E°_{cell}

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$$

$$E^\circ_{cell} = (+0.76V) + (0.00V) = 0.76V$$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{[0.026V]}{n} \ In \frac{[Zn^{2+}]}{[H^+]^2}$$

$$E_{cell} = 0.76 - \frac{[0.026]}{2} \ In \frac{[0.45]}{[1.8]^2}$$

ومنه نحصل على $E_{cell} = 0.79V$

السؤال 6-12

ايهما يحرر الهيدروجين في محلول ايونات الالمنيوم إذا علمت أنّ جهد الاختزال القياسي للالمنيوم $E^\circ_{Al^{3+}/Al} = -1.66$ V ام محلول آيونات الذهب الذي جهد اختزاله القياسي $E^\circ_{Au^{3+}/Au} = +1.50$ V ولماذا؟

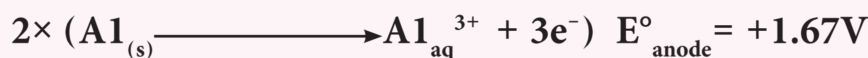
الحـــل

لكي يتحرر غاز الهيدروجين يجب أن تجري عملية اختزال الأيونات الهيدروجين . لذا يجب أنّ يكون كاثود، وعند النظر إلى جهود الاختزال القياسية لكل من : الالمنيوم والذهب نلاحظ

$E°_{Al^{3+}/Al} = -1.66V$

$E°_{Au^{3+}/Au} = +1.50V$

أن الهيدروجين جهد اختزاله القياسي يساوي (0.00V) لذلك يسلك كاثود مع قطب الالمنيوم الذي جهد اختزاله أقل منه وبذلك يسلك الالمنيوم آنود (تاكسد) كما يأتي:



$2\times(Al_{(s)} \longrightarrow Al^{3+}_{aq} + 3e^-) \quad E°_{anode} = +1.67V$



$3\times(2H^+_{aq} + 2e^- \longrightarrow H_{2(g)}) \quad E°_{cathode} = 0.00V$



$2Al_{(s)} + 6H^+_{(aq)} \longrightarrow 2Al^{3+}_{(aq)} + 3H_{2(g)}$ التفاعل العام للخلية

يعد ضرب المعادلة الاولى ×2 وضرب المعادلة الثأنّية ×3 لغرض تساوي عدد الالكترونات المفقودة والمكتسبةثم نحسب جهد الخلية القياسي $E°_{cell}$ فأذا كأنّ الجهد اشارة موجبة. يعني تتم تحرير غاز H_2 مع قطب الالمنيوم ولايتحرر مع قطب الذهب وكما يأتي:

$E°_{cell} = E°_{anode} + E°_{cathod}$

$E°_{cell} = (+1.66V) + (0.00V) = +1.66V$

السؤال 6-13

هل يمكن لآيون الحديد (III) (Fe^{3+}) أنّ يؤكسد (Br_2) إلى ايون البروميد (Br^-) في الخلية الآتية؟ علماً أنّ جهود الاختزال القياسية $E°_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = +0.77\ V$ و $E°_{Br_2/Br^-} = +1.07\ V$.



$Pt\,|Fe^{3+}(1\ M);\ Fe^{2+}(1\ M)\ ||\ Br^-(1\ M)|\ Br_2(1\ atm)\ |\ Pt$

الحل



$Pt/Fe^{3+}(1M);Fe^{2+}(1M)\ ||\ Br^-(1M)\ |\ Br_2(1atm)|\ Pt$



$Fe^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Fe^{3+}_{(aq)} + e^- \qquad E°_{anode} = -0.77\ V$



$1/2\ Br_2 + e^- \longrightarrow Br^-_{aq} \qquad E°_{cathode} = +1.07\ V$



$Fe^{2+}_{(aq)} + 1/2Br_2 \longrightarrow Fe^{3+}_{(aq)} + Br^-_{(aq)}$

$E°_{cell} = E°_{anode} + E°_{cathod}$

$E°_{cell} = -0.77 + (+1.07) = +0.30V$

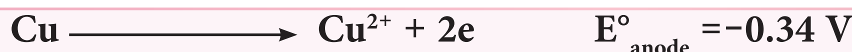
لذلك فأن أيوت الحديد (Fe^{+2}) (II) يؤدي إلى اختزال Br_2 ولايمكن أنّ يسير بالاتجاه العكسي. اي لايمكن لايون Fe^{3+} الحديد (II) أنّ يؤكسد Br^-

السؤال 6-16

هل يمكن حفظ محلول ملح الطعام في أنّاء من النحاس؟ علما أنّ جهود الاختزال القياسية

$E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34\ V$ و $E^\circ_{Na^{+}/Na} = -2.70\ V$.

الحل



$Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e \qquad E^\circ_{anode} = -0.34\ V$



$2Na^{+} + 2e \longrightarrow 2Na \qquad E^\circ_{cathode} = -2.70\ V$

نحسب جهد الخلية

$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathod}$

$E^\circ_{cell} = (-0.34V) + (-2.70V)$

$E^\circ_{cell} = -3.04V$

بما أنّ اشارة E°_{cell} سالبه(−) لايحصل تفاعل بين إناء النحاس ومحلول ملح الطعام لذلك يصلح لحفظ ذلك المحلول.

السؤال 6-17

هل يمكن حفظ محلول كبريتات النحاس $CuSO_4$ في أنّاء من النيكل ام لايمكن ؟ بين ذلك مع ذكر السبب؟ علماً أنّ جهود الاختزال القياسية $E^\circ_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34\ V$ و $E^\circ_{Ni^{2+}/Ni} = -0.24\ V$.

الحل

الافضل أنّ نجعل الأنّاء (فلز) آنود ويتحول إلى آيون موجب .

اما الايون الموجب في المحلول كاثود ويتحول إلى عنصر . فإذا كأنّ تساوي اشارة E°_{cell} موجبة (+) التفاعل تلقائي لايمكن حفظ المحلول والعكس صحيح .



$Ni \longrightarrow Ni^{2+} + 2e \qquad E^\circ_{anode} = 0.24\ V$



$Cu^{2+} + 2e^{-} \longrightarrow Cu \qquad E^\circ_{cathod} = 0.34V$

$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathod}$

$E^\circ_{cell} = (+0.24V) + (+0.34V) = +0.58V$

لذا فإشارة E°_{cell} موجبة (+) لذلك فالتفاعل تلقائي ولايمكن حفظ محلول كبريتات النحاس $CuSO_4$ في أنّاء مصنوع من النيكل وذلك بحصول تفاعل بينهما.

السؤال 6-28

للخلية الآتية :

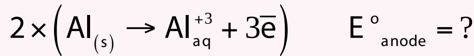


$$Al \mid Al^{3+}(1\ M) \parallel Cd^{2+}(1\ M) \mid Cd$$

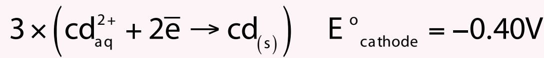
إذا علمت أنّ جهد الخلية القياسي يساوي $(1.26\ V)$ وجهد الاختزال القياسي للكادميوم يساوي $E^{\circ}_{Cd^{2+}/Cd} = -0.40\ V$. إحسب جهد الاختزال القياسي للالمنيوم؟

الحـــــل

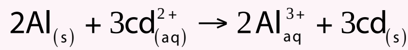
نكتب تفاعل تصفي الخلية عند الأنُور (تأكسد) والكاثود (اختزال)



$$2 \times \left(Al_{(s)} \rightarrow Al^{+3}_{aq} + 3\bar{e}\right) \qquad E^{\circ}_{anode} = ?$$



$$3 \times \left(cd^{2+}_{aq} + 2\bar{e} \rightarrow cd_{(s)}\right) \qquad E^{\circ}_{cathode} = -0.40V$$



$$2Al_{(s)} + 3cd^{2+}_{(aq)} \rightarrow 2Al^{3+}_{aq} + 3cd_{(s)}$$

التفاعل العام

ويمكن حساب جهد الاختزال القياسي لـ Al

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$$

$$+1.23V = E^{\circ}_{anode} + (-0.40V)$$

بحل المعادلة نجد جهد الاختزال القياس لـ Al

$$E^{\circ}_{anode} = 1.23 + 0.40 = 1.63V$$

وبما أنّنا نحسب جهد الاختزال القياس لـ Al وليس جهد تأكسد لـ Al لابد أنّ نغير اشارة جهد تأكسد لـ Al ويصبح جهداً اختزاله هو $E^{\circ}_{Al^{3+}/Al} = -1.63V$

السؤال 6-39

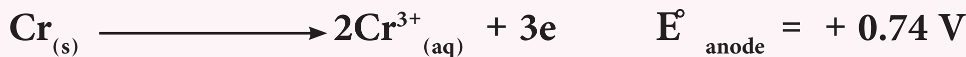
هل يحدث التفاعل الآتي في الظروف القياسية بصورة تلقائية ام لا.



$$2Cr_{(s)} + 3Zn^{2+}_{(aq)} \longrightarrow 2Cr^{3+}_{(aq)} + 3Zn_{(s)}$$

إذا علمت أنّ جهود الاختزال القياسية $E^{\circ}_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76\ V$ و $E^{\circ}_{Cr^{3+}/Cr} = -0.74\ V$.

الحـــــل



$$Cr_{(s)} \longrightarrow 2Cr^{3+}_{(aq)} + 3e \qquad E^{\circ}_{anode} = +0.74\ V$$



$$Zn^{2+}_{(aq)} + 2e \longrightarrow Zn\ (s) \qquad E^{\circ}_{cathode} = -0.76\ V$$

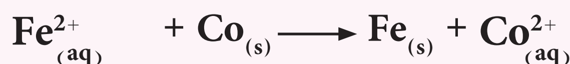
$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$

$E^\circ_{cell} = (+0.74V) + (-0.76V) = -0.02V$

وبما أنَّ قيمة الجهد القياسي للخلية سالبة فلا يحدث ذلك التفاعل بشكل تلقائي

السؤال 6-40

تنبأ فيما إذا سيجري التفاعل الآتي تلقائياً كما هو مكتوب عند (298 K):



$Fe^{2+}_{(aq)} + Co_{(s)} \longrightarrow Fe_{(s)} + Co^{2+}_{(aq)}$

إذا علمت أنّ تراكيز الايونات $[Co^{2+}] = 0.2\ M$ و $[Fe^{2+}] = 0.7\ M$. وجهود الاختزال القياسية

$E^\circ_{Co^{2+}/Co} = -0.28\ V$ و $E^\circ_{Fe^{2+}/Fe} = -0.44\ V$.

الحـــــل



$Co_{(s)} \longrightarrow Co^{2+}_{(aq)} + 2e \qquad E^\circ_{anode} = +0.28\ V$



$Fe^{2+}_{(aq)} + 2e \longrightarrow Fe_{(s)} \qquad E^\circ_{cathode} = -0.44\ V$



التفاعل العام للخلية $\quad Co_{(s)} + Fe^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Co^{2+}_{(aq)} + Fe_{(s)}$

$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$

$E^\circ_{cell} = (+0.28V) + -(0.44V) = -0.16V$

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{cell} + \frac{0.026}{2} \ln \frac{[Co^{2+}]}{[Fe^{2+}]}$$

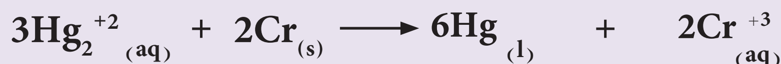
$$E^\circ_{cell} = -0.16 + 0.013 \ln \frac{0.2}{0.7}$$

$E^\circ_{cell} = -0.18$

وبما أنّ قيمة E°_{cell} سالبة لذا لا يجري هذا التفاعل تلقائياً

تمرين 6 - 9

إحسب التغيير في طاقة كبس الحرة القياسية لتفاعل الخلية القياسي الآتية عند درجة حرارة $25^\circ C$.



$$3Hg_2{}^{+2}{}_{(aq)} + 2Cr_{(s)} \longrightarrow 6Hg_{(l)} + 2Cr^{+3}_{(aq)}$$

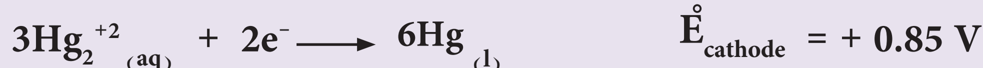
إذا علمت أنّ جهود الاختزال القياسية $E^\circ_{Hg\,\square/Hg} = +0.85\ V$ و $E^\circ_{Cr/Cr^{+3}} = -0.74\ V$.

الحل

نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الأنّود (تاكسد) والكاثود (اختزال)



$$2Cr_{(s)} \longrightarrow 2Cr^{+3}_{(aq)} + 6e^- \qquad E^\circ_{anode} = +0.74\ V$$



$$3Hg_2{}^{+2}{}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow 6Hg_{(l)} \qquad E^\circ_{cathode} = +0.85\ V$$

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$$

$$E^\circ_{cell} = (+0.74\ V) + (+0.85\ V) = 1.59\ V$$

$$\Delta G^\circ = -nFE^\circ_{cell}$$

$$\Delta G^\circ = -nFE^\circ_{cell} = -6(mol) \times 96500\ (C/mol) \times 1.59\ V$$

$$= -920610\ J/mol$$

تمرين 6 - 10

لتفاعل الخلية القياسي الآتي عند درجة حرارة $25^\circ C$.



$$2Fe^{3+}_{(aq)} + 2I^-_{(aq)} \longrightarrow 2Fe^{2+}_{(aq)} + I_{2(s)}$$

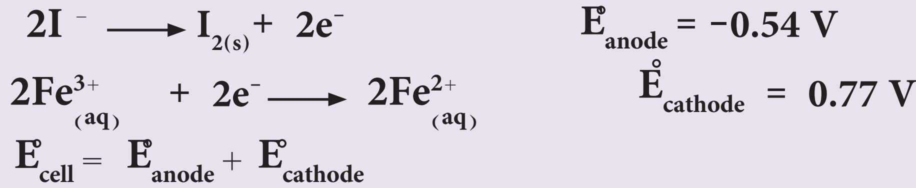
إذا علمت أنّ جهود الاختزال القياسية $E^\circ_{I_2/I^-} = +0.53\ V$ و $E^\circ_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = +0.77\ V$، إحسب:

أ- جهد الخلية القياسي. ب- وطاقة كبس الحرة القياسية. ج- وثابت الاتزانّ.

الحل

نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الأنّود (تاكسد) والكاثود (اختزال)

آ - حساب جهد الخلية القياسية .



$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$$

$$E^\circ_{cell} = (-0.54\ V) + (0.77\ V) = 0.23\ V$$

ب - طاقة كبس الحرة القياسية.

$$\Delta G^\circ = -nFE^\circ_{cell}$$

$$\Delta G^\circ = -nFE^\circ_{cell} = -2(mol) \times 96500\ (C/mol) \times 0.23\ V$$

$$= -44390\ J/mol$$

ج- ثابت الاتزأنّ.

$$E^\circ_{cell} = \frac{RT}{nF} \ln K_{eq}$$

وبحل المعادلة نحصل K_{eq} على قيمة

$$+0.23\ V = \frac{0.026\ (V)}{2} \ln K_{eq}$$

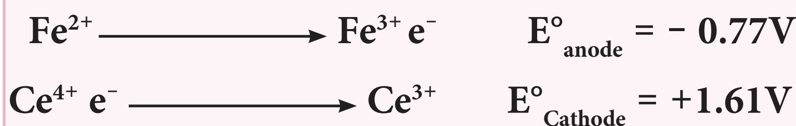
$$K_{eq} = 1 \times 10^{-7}$$

السؤال 6-5

عند الظروف القياسية $25^\circ\ C$ وضغط 1 atm اي تفاعل سيجري تلقائياً في محلول مائي يحتوي على أيونات Ce^{4+} و Ce^{3+} و Fe^{3+} و Fe^{2+} ؟ إحسب ΔG^o و K_{eq} لذلك التفاعل. إذا علمت أنّ جهود الاختزال القياسية $E^\circ_{Ce^{4+}/Ce^{3+}} = +1.61\ V$ و $E^\circ_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = +0.77\ V$.

الحـــل

نختار اعلى جهد اختزال كاثوداً واقل جهد اختزال أنّوداً



$Fe^{2+} + Ce^{4+} \longrightarrow Fe^{3+} + Ce^{3+}$ التفاعل العام للخلية

$$E^o_{cell} = E^o_{amode} + E^o_{cathode}$$

$E^\circ_{cell} = (-0.77V) + (+1.61\ V) = +0.84V$

لحساب $\triangle G^\circ$ نستخدم العلاقة الآتية:

$$\triangle^\circ G = -nF\ E^\circ_{cell}$$

$$\triangle^\circ G = -1(mol) \times 96500(C/mol) \times 0.84(V) = -81060\ J/mol$$

ولحساب ثابت الاتزأنّ K_{eq} نستخدم العلاقة الآتية :

بما أنّ التفاعل يحدث في 25 °C أو (298K) لذلك:

$$E^\circ_{cell} = \frac{0.026(V)}{n} \ln K_{eq}$$

$$0.84V = \frac{0.026(V)}{1mol} \ln Keq$$

ومنه نحصل على $K_{eq} = 1.1 \times 10^{14}$

السؤال 6-2

إحسب ثابت فاراداي وبيّن وحداته.

الحل

يعرف ثابت فاراداي بأنّه شحنة مول واحد من الالكترونات، ويحتوي المول الواحد على (F) عدد افوكادروا (N_A) من الشحنات اي 6.023×10^{23} من الشحنات، لذا فالفاراداي (F) يساوي حاصل ضرب شحنة الالكترونات في عدد افوكادرو .

F= شحنة الالكترون (e) x عدد افوكادرو (N_A)

$$F = N_A(mol^-) \times e^-(C)$$

وبتعويض القيم نحصل على

$e = 1.9 \times 10^{-19}$ و $N_A = 6.023 \times 10^{23} mol^{-1}$

$$F = 6.023 \times 10^{23}(mol^{-1}) \times 1.9 \times 10^{-19}\ (C)$$

$$F = 96478\ C/mol$$

تقرب تلك القيمة إلى 96500 في الحسابات الكيميائية.

السؤال 6-3

اي المواد في الازواج الآتية هو الافضل كعامل مؤكسد تحت الظروف القياسية.

إذا علمت أنّ جهود الاختزال القياسية $E°_{Br_2/Br^-}=+1.07\ V$ و $E°_{Au^{3+}/Au}=+1.50\ V$ و

$E°_{Ag^+/Ag}=+0.80\ V$ و $E°_{Cd^{2+}/Cd}=-0.40\ V$ و $E°_{Cr^{3+}/Cr}=-0.74\ V$.

أ) Br_2 ام Au^{3+}

ب) H_2 ام Ag^+

جـ) Cd^{2+} ام Cr^{3+}

الحـــل

الأفضل كعامل مؤكسد تحت الظروف القياسية.

هو المادة التي تسبب اكسده المادة الاخرى وتعأنّي اختزالاً بسبب اكتساب الالكترونات ويقل عدد تأكسدة .

أ- يُعد Au^{3+} افضل عامل مؤكسد لأنّه جهد اختزالة القياسي $1.50V+$ لذا يعأنّي اختزال ويسبب أكسدة Br_2 جهد اختزاله القياسي $1.07V+$ اقل منه.

$Au^{3+} + 3e^-$  Au اختزال $E°_{cathode} = +1.50$

ب- يُعد Ag^+ افضل عامل مؤكسد لأنّه يعأنّي اختزال

$2Ag^+ + 2e^-$  $2Ag\ \ E°_{cathode} = +0.80V$

ج- يُعدالكادميوم Cd^{2+} افضل عامل مؤكسد لأنّه يعأنّي اختزالاً.

$Cd^{2+} + 2e^-$  $Cd\ E°_{cathooe} = -0.40\ V$

السؤال 6-20

لماذا يجب أنّ يكون جهد الخلية الكلفأنّية موجباً ؟

الحـــل

يكون التغيير في طاقة كبس $\triangle G$ أو $\triangle G°$ = قيمة(-)سالبة إذا كأنّ التفاعل يحصل بصورة تلقائيه وترتبط $\triangle G$ و $\triangle G°$ مع Ecell و E°cell على التوالي بالعلاقات الآتية:

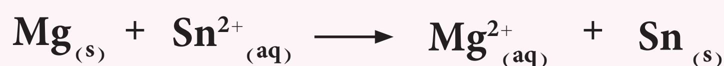
$$\triangle G° = -nF\ E°_{cell}$$

$$\triangle G = -nF\ E_{cell}$$

لذلك يجب أنّ تكون قيم (E_{cell} أو $E°_{cell}$) ذات قيمة موجبة (+) لتكون قيم $\triangle G$ و$\triangle G°$ سالبة على التوالي.

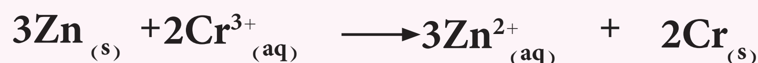
السؤال 6-7

إحسب E°_{cell} و E_{cell} و ΔG لتفاعلات الخلايا الآتية:



$$Mg_{(s)} + Sn^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + Sn_{(s)}$$

$[Mg^{2+}] = 0.05\ M$ و $[Sn^{2+}] = 0.04\ M$



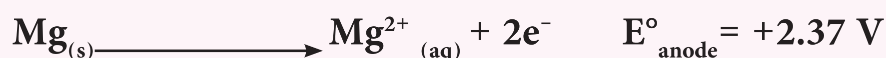
$$3Zn_{(s)} + 2Cr^{3+}_{(aq)} \longrightarrow 3Zn^{2+}_{(aq)} + 2Cr_{(s)}$$

$[Cr^{3+}] = 0.01\ M$ و $[Zn^{2+}] = 0.001\ M$

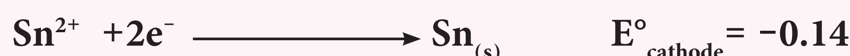
إذا علمت أنّ جهود الاختزال القياسية $E^\circ_{Mg^{2+}/Mg} = -2.37\ V$ و $E^\circ_{Sn^{2+}/Sn} = -0.14\ V$ و $E^\circ_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76\ V$ و $E^\circ_{Cr^{3+}/Cr} = -0.74\ V$.

الحل

نكتب تفاعل نصفي الخلية عند الأنّود (تأكسد) والكاثود(اختزال)



$$Mg_{(s)} \longrightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^\circ_{anode} = +2.37\ V$$



$$Sn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Sn_{(s)} \qquad E^\circ_{cathode} = -0.14$$



$$Mg_{(s)} + Sn^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + Sn_{(s)}$$

نحسب E°_{cell}

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anod} + E^\circ_{cathod}$$

$$E^\circ_{cell} = (+2.37) + (-0.14) = 2.23\ V$$

نحسب E_{cell} بأستخدام معادلة نرنست

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{[Mg^{2+}]}{[Sn^{2+}]}$$

$$E_{cell} = 2.23 - \frac{0.026}{n} \ln \frac{[0.05]}{[0.04]}$$

وبحل المعادلة علاه نحصل

$$E_{cell} = 2.227V$$

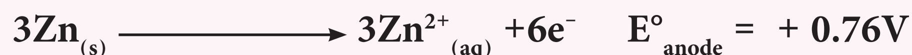
$$\triangle G = -nF\,E_{cell}$$

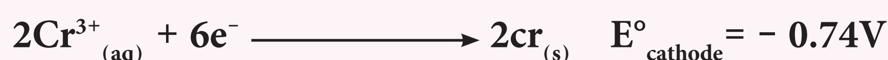
$$\triangle G = -2 \times 96500(C/mol) \times 2.227V = -429811J/mol$$

المعادلة الثأنّية



تكتب تفاعل نصفي الخلية الأنّود (تاكسد) ، الكاثود(اختزال)







نحسب E°_{cell} بأستخدام العلاقة الأتية:

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathod}$$

$$E^{\circ}_{cell} = (+0.76) + (-0.74) = 0.02\ V$$

نحسب E_{cell} بأستخدام معادلة ينرنست

$$E_{cell} = E^{\circ}_{cell} - \frac{0.026V}{n} \, InQ_2$$

$$E_{cell} = 0.02 - \frac{[0.026]}{6} \, In \frac{[Zn^{2+}]^3}{[Cr^{3+}]^2}$$

$$E_{cell} = 0.02 - \frac{[0.026]}{6} \, In \frac{[0.001]^3}{[0.01]^2}$$

ومنه نحصل على:

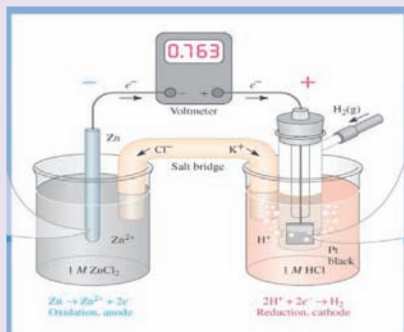
$$E^{\circ}cell = +0.07\ V$$

ولحساب

$$\triangle G = -nF\,E^{\circ}_{cell}$$

$$\triangle G = -6 \times 96500\ (C/mol) \times 0.07V = -4053J/mol$$

تمرين 6 – 11



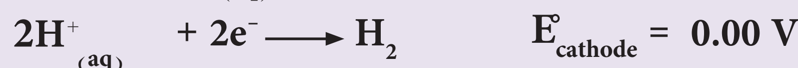
باستخدام الخلية الكلفأنّية الموضحة في الشكل ادناه في تجربة وجد أنّ E_{cell} للخلية تساوي 0.45 V عند 25° C . افترض أنّ $[Zn^{2+}] = 0.1$ M وضغط غاز الهيدروجين 1 atm . إحسب التركيز المولاري لايونات H^+. إذا علمت أنّ $E^\circ_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76$ V.

الحل

نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الأنّود (تأكسد) والكاثود (اختزال)

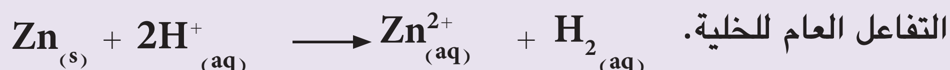


$$Zn_{(s)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^\circ_{anode} = +0.76 \text{ V}$$



$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow H_2 \qquad E^\circ_{cathode} = 0.00 \text{ V}$$

التفاعل العام للخلية.



$$Zn_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(aq)}$$

ويمكن حساب جهد الخلية القياسي E°_{cell}.

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$$

$$E^\circ_{cell} = (+0.76 \text{ V}) + (0.00 \text{ V}) = +0.76 \text{ V}$$

وباستخدام معادلة نيرنست نحسب $[H^+]$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.026 \text{ V}}{n} \ln \frac{[Zn^{2+}]}{[H^+]^2}$$

$$0.45 \text{ V} = 0.76 \text{ V} - \frac{0.026 \text{ V}}{2} \ln \frac{[0.1]}{[H^+]^2}$$

وبحل المعادلة نحصل على قيمة $[H^+]$

$[H^+] = 0.1$ M

تمرين 6 – 12

إحسب E°_{cell} و E_{cell} و ΔG للخلية الآتية:



$$Mg \,|\, Mg^{2+}\,(0.05\ M) \,||\, Sn^{2+}\,(0.04\ M) \,|\, Sn$$

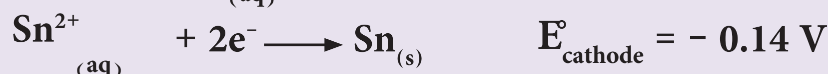
إذا علمت أنّ جهود الاختزال القياسية $E^\circ_{Sn^{2+}/Sn} = -0.14\ V$ و $E^\circ_{Mg^{2+}/Mg} = -2.37\ V$.

الحل

نكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الأنّود (تأكسد) والكاثود (اختزال)

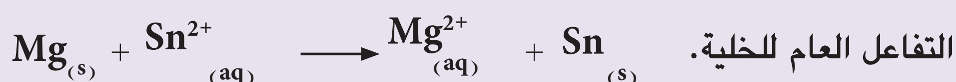


$$Mg_{(s)} \longrightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^\circ_{anode} = +2.37\ V$$



$$Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Sn_{(s)} \qquad E^\circ_{cathode} = -0.14\ V$$

التفاعل العام للخلية.



$$Mg_{(s)} + Sn^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + Sn_{(s)}$$

ويمكن حساب جهد الخلية القياسي E°_{cell}.

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$$

$$E^\circ_{cell} = (+2.37\ V) + (-0.14\ V) = 2.23\ V$$

وباستخدام معادلة نيرنست نحسب $[H^+]$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.026\ V}{n} \ln \frac{[Mg^{2+}]}{[Sn^{+}]^2}$$

$$E_{cell} = 2.23\ V - \frac{0.026\ V}{2} \ln \frac{[0.05]}{[0.04]}$$

$$E_{cell} = 2.227\ V$$

نحسب قيمة ΔG

$$\Delta G = -nFE_{cell}$$

$$\Delta G = -2 \times 96500\ (C/mol) \times 2.227\ V$$

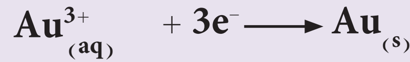
$$= -424600\ J/mol$$

تمرين 6 - 13

ما شدة التيار الذي يجب امراره في محلول كلوريد الذهب $AuCl_3$ لمدة 200 s ليرسب 3 g من الذهب عند الكاثود ؟

الحل

تكتب تفاعل اختزال ايون الذهب إلى فلز الذهب على الكاثود:



$$Au^{3+}_{(aq)} + 3e^- \longrightarrow Au_{(s)}$$

نحسب عدد مولات Au :

$$n_{(mol)} = \frac{m\ (g)}{M\ (g/mol)}$$

$$n_{(mol)} = \frac{3\ (g)}{197\ (g/mol)} = 0.015\ mol$$

وحسب معادلة الاختزال نلاحظ أنّ كل $3mol{\cdot}e^-$ ترسب 1mol من Au

$$Q\ (mol{\cdot}e^-) = 0.015\ mol \times \frac{3mol{\cdot}e^-}{1mol} = 0.045\ mol{\cdot}e^-$$

باستخدام علاقة فاراداي

$$Q\ (mol{\cdot}e^-) = \frac{I_{(A)} \times t_{(s)}}{96500\ (C/mol)}$$

$$0.045\ (mol{\cdot}e^-) = \frac{I_{(A)} \times 200\ (s)}{96500\ (C/mol)}$$

ومنه نحصل على شدة التيار:

$$I_{(A)} = 21.7\ A$$

تمرين 6 – 14

محلول من كبريتات النحاس $CuSO_4$ تركيزه 0.2 M وحجمه 600 mL. امرر فيه تيار كهربائياً شدته 96.5 A. إحسب الزمن اللازم لكي يتبقى 0.03 mol من ايون النحاس.

الحل

تحويل حجم المحلول من (mL) إلى (L)

$$V(L) = 600\ mL \times \frac{1(L)}{1000(mL)} = 0.6(L)$$

نجد عدد المولات الكلية للمحلول

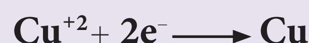
$$n(mol) = M \times V$$

$$n(mol) = 0.2\ (mol/L) \times 0.6\ (L) = 0.12 mol$$

نجد عدد المولات التي تجري عليها التحلل الكهربائي

$$n(mol) = 0.12\ mol - 0.03\ mol = 0.09\ mol$$

تفاعل اختزال ايونات النحاس إلى فلز النحاس على الكاثود:

$Cu^{+2} + 2e^-$  Cu

بما أنّ عدد $mol{\cdot}e^-$ ترسب 1mol من Cu

$$Q(mol{\cdot}e^-) = 0.09\ mol \times 2e^- = 0.18\ (mol{\cdot}e^-)$$

باستخدام علاقة فاراداي

$$Q(mol{\cdot}e^-) = \frac{I(A) \times t(s)}{96500\ (C/mol)}$$

$$0.18\ (mol{\cdot}e^-) = \frac{96.5\ (A) \times t(s)}{96500\ (C/mol)}$$

ومنه نحسب الزمن اللازم:

$$t(s) = 180\ (s)$$

السؤال 6-6

اكتب معادلة نيرنست وعرف الرموز التي تحتويها جميعها .

الحــــل

$$E_{cell} = E^{\circ}_{cell} - \frac{RT}{nF} \text{ InQ}$$

تسمى المعادلة اعلاه بمعادلة نيرنست وهي تربط جهد الخلية E_{cell} مع جهد الخلية القياسي E°_{cell} من خلال حاصل القسمة Q. عندما تكون تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة بحالتها القياسية. أي أنّ تراكيز المواد المتفاعلة(1M) تصبح قيمة Q مساوية إلى الواحد الصحيح وقيمة InQ تساوي صفراً.

ثابت الغاز J//K· mol 8.314 =

درجة كلفن T= (298K) 25 °C

ثابت فاراداي F= 96500 (C/mol

يمثل عدد الالكترونات التي يتم (n) حذفها عند جمع تفاعلات نصفي الخلية لايجاد التفاعل العام

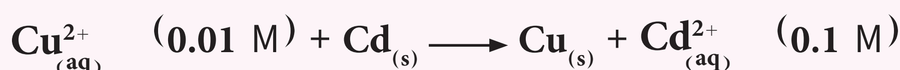
يمكن تبسيط المعادلة اعلاه (معادلة نيرنست) بالتعويض عن قيمة درجة الحرارة (298K) اي 25C° وقيمة R=8.314 J/K·mol وقيمة F=96500C/mol لنحصل على

$$E_{cell} = E^{\circ}_{cell} - \frac{0.026V}{n} \text{ InQ}$$

*تستخدم تلك المعادلة فقط عندما يكون تفاعل الخلية عند درجة حرارة 25C° (298K)

السؤال 6-24

خلية كلفأنّية تفاعلها العام في درجة 25° C.

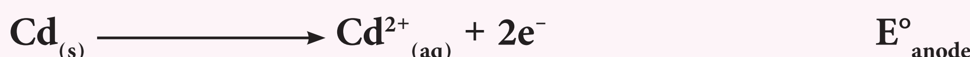


$$Cu^{2+}_{(aq)} \ (0.01 \text{ M}) + Cd_{(s)} \longrightarrow Cu_{(s)} + Cd^{2+}_{(aq)} \ (0.1 \text{ M})$$

وجهدها القياسي يساوي (+0.74 V). إحسب التغيير في الطاقة الحرة.

الحــــل

تكتب تفاعل نصفي الخلية . تفاعل تأكسد (الأنّود)، تفاعل الكاثود (اختزال)

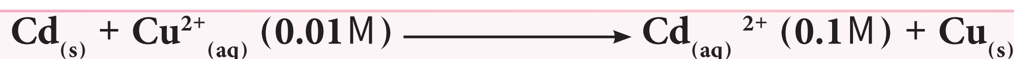


$$Cd_{(s)} \longrightarrow Cd^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \qquad E^{\circ}_{anode}$$



$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \longrightarrow Cu_{(s)} \qquad E^{\circ}_{cathod}$$

بالجمع نحصل على التفاعل العام للخلية



$Cd_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)}\ (0.01M) \longrightarrow Cd^{2+}_{(aq)}\ (0.1M) + Cu_{(s)}$

نحسب جهد الخلية E_{cell} بأستخدام معادلة نرنست عند درجة حرارة $25C°$

$$E_{cell} = E°_{cell} - \frac{0.026V}{n} \ In \frac{[Cd^{2+}]}{[Cu^{2+}]}$$

$$E_{cell} = +0.74\ V - \frac{0.026V}{2} \ In \frac{[0.1]}{[0.01]}$$

وبحل المعادلة نحصل على جهد الخلية

$Ecell = +0.71\ V$

ثم نحسب التغيير في الطاقة الحرة $\triangle G$

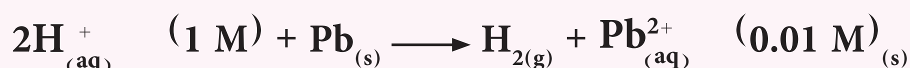
$\triangle G = -n F E_{cell}$

$\triangle G = -2 \times 96500(C/mol) \times 0.71\ (V)$

$\triangle G = -137030\ J/mol$

السؤال 6-26

ما مقدار التغيير في الطاقة الحرة للخلية الآتية في درجة $25°\ C$ علما أنّ $K_{eq} = 1 \times 10^{10}$ وأنّ التفاعل العام لتلك الخلية:



$2H^{+}_{(aq)}\ (1\ M) + Pb_{(s)} \longrightarrow H_{2(g)} + Pb^{2+}_{(aq)}\ (0.01\ M)_{(s)}$

الحــــل

نكتب تفاعل نصفي الخلية عند الأنّود (تاكسد) والكاثود (اختزال)



$Pb_{(s)} \longrightarrow Pb^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \quad E°_{anode}$



$2H_{(aq)}^{+} + 2e^{-} \longrightarrow H_{2(q)} \quad E°_{cathod}$

التفاعل العام للخلية



$Pb_{(s)} + 2H^{+}_{(aq)} \longrightarrow Pb^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$

نحسب E°_{cell} من ثابت الاتزان K_{eq}

$$E^{\circ}_{cell} = \frac{0.026V}{n} \ In\ K_{eq}$$

$$E^{\circ}_{cell} = \frac{0.026}{2} \ In\ 1 \times 10^{10}$$

$$E^{\circ}_{cell} = 0.30\ V$$

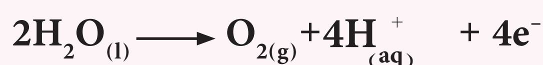
ويمكن حساب $\triangle G^{\circ}$ من العلاقة الآتي

$$\triangle G^{\circ} = -n\ F\ E_{cell}$$

$$\triangle G^{\circ} = -2 \times 96500 \times 0.30 = -57900\ J/\ mol$$

السؤال 6-10

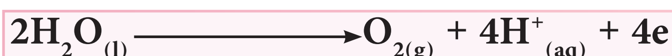
احد التفاعلات النصفية للتحليل الكهربائي للماء هو :



$$2H_2O_{(l)} \longrightarrow O_{2(g)} + 4H^{+}_{(aq)} + 4e^{-}$$

فإذا تم جمع 0.08 L من O_2 عند 25 C° وضغط 755 mm.Hg فأحسب عدد مولات الالكترونات التي يجب تمريرها في المحلول (معلومة: 1atm = 760 mm.Hg).

الحـــل



$$2H_2O_{(l)} \longrightarrow O_{2(g)} + 4H^{+}_{(aq)} + 4e$$

تحويل الضغط من mm.Hg إلى atm

$$P = 755mm.Hg \times \frac{latm}{760mm.Hg}$$

$$P = 0.99\ atm$$

$$Pv = nRT$$

$$0.99(atm) \times 0.08(L) = n(0.082\ (\frac{l.atm}{K.mol}) \times 298(K) \times (0.082\ (\frac{l.atm}{K.mol})$$

$$n = \frac{0.99(atm) \times 0.08(L)}{298(K)} = 0.003\ mol$$

وحسب التفاعل النّصفي للتحليل الكهربائي للماء نجد أنّ $4mol{\cdot}e^-$ تحرر $1\ mol$ من الأوكسجين لذلك فأن $0.003mol$ من الأوكسجين تكافئ

$$0.003 \times 4mol{\cdot}e = 0.012mol{\cdot}e^-$$

السؤال 11-6

يسري تيار كهربائي لفترة $3.75\ hr$ خلال خليتي تحليل كهربائي مربوطتين على التوالي، تحتوي الخلية الاولى محلول $AgNO_3$، في حين تحتوي الثأنّية على محلول $CuCl_2$. وخلال هذا الزمن ترسب $2\ g$ من الفضة في الخلية الاولى .

أ)كم عدد غرامات النحاس التي ستترسب في الخلية الثأنّية .

ب) ما قيمة التيار الساري بالامبير.

الحـــــل

عدد مولات الفضة المترسبة على الكاثود في الخلية الاولى يساوي الآتي إذا علمت أنّ الكتلة الذرية للفضة 108

أ-

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(g/mol)} = \frac{2(g)}{108(g/mol)}$$

$$= 0.02\ mol$$

وحسب اختزال الفضة



$$Ag^+ + 1e^- \longrightarrow Ag$$

نجد أنّ $1mol{\cdot}e^-$ ترسب $1mol$ من الفضة لذا فعند ترسيب $0.02mol$ من Ag المارة في المحلول تساوي $0.02\ mol\ e^-$ وهي نفسها المارة في محلول $CuCl_2$ الذي يختزل حسب المعادلة الآتية



$$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$$

لذا نجد أنّ كل $2mol{\cdot}e^-$ يرسب $1mol$ من Cu وعليه فعدد مولات النحاس تساوي

$$n_{cu}(mol) = 0.02mol{\cdot}e \times \frac{1(mol)}{2(mol{\cdot}e^-)} = 0.01mol$$

ولتحويل عدد المولات إلى عدد الغرامات المترسبة من Cu علماً أنّ الكتلة الذرية للنحاس 63.5 نستخدم العلاقة الآتية:

$$m(g) = n(mol) \times M(g/mol)$$

$$m(g) = 0.01(mol) \times 63.5(g/mol)$$

$$= 0.64g$$

ب- وحدة الزمن في علاقة فارادي هي الثأنّية لذا تحول الساعة إلى ثأنّية

$$t_{(s)} = E(hr) \times \frac{3600(s)}{1(hr)}$$

$$t(s) = 3.75(hr) \times \frac{3600(s)}{1(hr)}$$

$$= 13500(s)$$

$$Q(mol{\cdot}e^-) = \frac{I(A) \times t(s)}{96500(C/mol)}$$

$$0.02(mol{\cdot}e^-) = \frac{I(A) \times 13500(s)}{96500(C/mol)}$$

ومنه نحصل على $I(A) = 0.14A$

السؤال 6-21 إحسب تركيز ايونات الخارصين في محلول قطب الخارصين إذا كأنّ جهد اختزال الخارصين غير القياسي يساوي (0.82 V-) وجهد اختزاله القياسي $E^\circ_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76\ V$

الحـــل

نكتب تفاعل اختزال ايونات الخارصين إلى فلز الخارصين



$$Zn^{2+} + 2e^- \longrightarrow Zn(s) \qquad E^\circ_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76V$$

ولكون التفاعل حاصل عند درجة حرارة 25°C (298K)

$$E_{Zn^{2+}/Zn} = E^\circ_{Zn^{2+}/Zn} - \frac{0.026V}{n} \ln Q$$

$$-0.82\ V = -0.76V - \frac{0.026V}{2} \ln \frac{1}{[Zn^{2+}]}$$

وبحل المعادلة نحصل على

$$[Zn^{2+}] = 0.01M$$

السؤال 6-22

إحسب جهد خلية دانّيال إذا علمت أنّ تركيز كبريتات الخارصين (0.1 M) وتركيز كبريتات النحاس (0.01 M) في درجة 25° C. وأنّ الجهد القياسي للخلية يساوي (1.10 V)؟

الحل

نكتب تفاعل نصفي الخلية قطب الخارصين آنود(تآكسد) والنحاس كاثود (أختزال) (لخلية دانّيال)

آنود (تآكسد)



$$Zn_{(s)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$

كاثّود (آختزال)



$$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu_{(s)}$$

التفاعل العام للخلية



$$Zn_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu$$

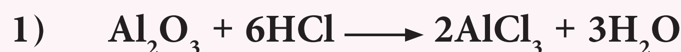
$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.026V}{n} \ln \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]}$$

$$E_{cell} = 1.10V - \frac{0.026V}{2} \ln \frac{[0.1]}{[0.01]}$$

وبحل المعادلة نحصل على قيمة E_{cell}

$$E_{cell} = 1.07\ V$$

السؤال 6-23 اي تفاعل هو تفاعل أَكسدة ـ اختزال :



1) $Al_2O_3 + 6HCl \longrightarrow 2AlCl_3 + 3H_2O$



2) $2Na + Cl_2 \longrightarrow 2NaCl$



3) $2KClO_3 \longrightarrow 2KCl + 3O_2$



4) $SiBr_4 + 3H_2O \longrightarrow H_2SiO_3 + 4HBr$



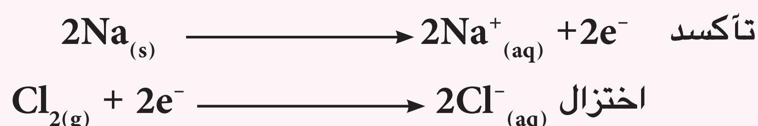
5) $Zn + CuSO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + Cu$

الحــــل

تفاعل أَكسدة – اختزال: هو كلّ تفاعل يتمّ فيه أنّتقال الالكترونات من مادة تعأنّي تأكسد إلى المادة التي تعأنّي اختزال.

1) لايحصل تفاعل أكسدة – اختزال .

2) تفاعل أَكسدة – اختزال كما يأتي:



$2Na_{(s)} \longrightarrow 2Na^{+}_{(aq)} + 2e^{-}$ تآكسد

$Cl_{2(g)} + 2e^{-} \longrightarrow 2Cl^{-}_{(aq)}$ اختزال

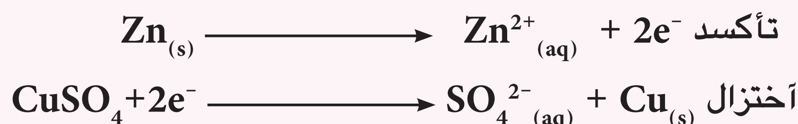


التّفاعل العام $2Na_{(S)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2NaCl_{(S)}$

3) لايحصل في هذا التفاعل اكسده – اختزال.

4)لايحصل في هذا التفاعل آكسدة– اختزال

5) تفاعل اكسده – اختزال كما يأتي



$Zn_{(s)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^{-}$ تأكسد

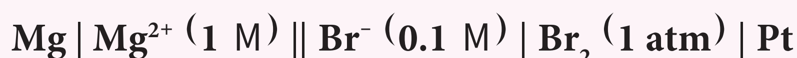
$CuSO_4 + 2e^{-} \longrightarrow SO_4^{2-}{}_{(aq)} + Cu_{(s)}$ آختزال



$Zn_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \longrightarrow ZnSO_{4(aq)} + Cu_{(s)}$

السؤال 6-25

إحسب التغيير في الطاقة الحرة لتفاعل الخلية الآتي في درجة $25^{\circ}C$:

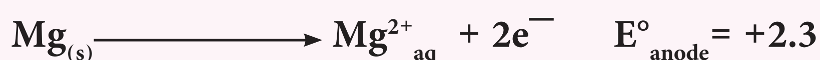


$$Mg \,|\, Mg^{2+}(1\ M) \,||\, Br^{-}(0.1\ M) \,|\, Br_2(1\ atm) \,|\, Pt$$

إذا علمت أنّ جهود الاختزال القياسية $E^{\circ}_{Mg^{2+}/Mg} = -2.37\ V$ و $E^{\circ}_{Br_2/Br^-} = +1.07\ V$.

الحـــل

تكتب تفاعل نصفي الخلية عند الأنّود (تأكسد) والكاثود (اختزال)



$$Mg_{(s)} \longrightarrow Mg^{2+}_{aq} + 2e^{-} \qquad E^{\circ}_{anode} = +2.3$$



$$Br_{2(g)} + 2e \longrightarrow 2Br^{-}_{(aq)} \qquad E^{\circ}_{cathod} = +1.07$$

بالجمع نحصل على التفاعل العام للخلية



$$Mg_{(s)} + Br_{2(g)} \longrightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + 2Br^{-}_{(aq)}$$

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathod}$$

$$E^{\circ}_{cell} = (+2.37\ V) + (+1.07\ V) = +3.44V$$

نحسب جهد الخلية E_{cell} عن $25C^{\circ}$

$$E_{cell} = E^{\circ}_{cell} - \frac{0.026}{n} \, In[Mg^{2+}]\,[Br^{-}]^{2}$$

$$Ecell = 3.44 - \frac{0.026}{2} \, In\,[1]\,[0.1]^{2}$$

وبحلِّ المعادلة نحصل

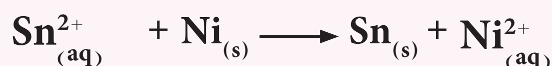
$$E_{cell} = 3.50\ V$$

ويمكن حساب الطاقة الحرة $\triangle G$

$$\triangle G = -n\,FE_{cell}$$

$$\triangle G = -2 \times 96500 \times 3.50 = -675500\ J/\ mol$$

السؤال 6-27 خلية فولتائية في درجة $25^\circ C$ تفاعلها العام:



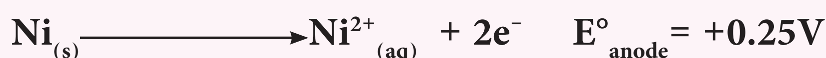
$$Sn^{2+}_{(aq)} + Ni_{(s)} \longrightarrow Sn_{(s)} + Ni^{2+}_{(aq)}$$

إذا علمت أنّ جهد الخلية غير القياسي يساوي $(+0.17\ V)$. إحسب تركيز ايونات النيكل Ni^{2+}،

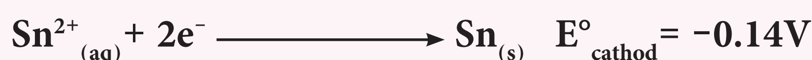
علما أنّ قطب القصدير قياسي و $E^\circ_{Sn^{2+}/Sn} = -0.14\ V$ و $E^\circ_{Ni^{2+}/Ni} = -0.25\ V$

الحــــل

نكتب تفاعل نصف الخلية عند الأنّود (تآكسد) ،الكاثود (اختزال)



$$Ni_{(s)} \longrightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^\circ_{anode} = +0.25V$$



$$Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Sn_{(s)} \qquad E^\circ_{cathod} = -0.14V$$

التفاعل العام للخلية



$$Ni_{(s)} + Sn^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + Sn_{(g)}$$

نحسب E°_{cell}

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathod}$$

$$E^\circ_{cell} = (+0.25\ V) + (-0.14\ V) = +0.11V$$

نحسب E°_{cell}

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.026\ V}{n} \ In \frac{[Ni^{2+}]}{[Sn^{2+}]}$$

$$+0.17 = +0.10V - \frac{0.026V}{2} \ In \frac{[Ni^{2+}]}{[1]}$$

وبحل المعادلة نجد $[Ni^{2+}]$

$$[Ni^{2+}] = 1 \times 10^{-2}\ M$$

أو $(0.01M)$

السؤال 6-29

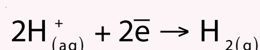
خلية كلفأنّية في درجة $25^{\circ}C$ احد قطبيها هو الهيدروجين وبضغط 1 atm من غاز الهيدروجين والاخر قطب النيكل تركيز ايوناته فيه $0.01\ M$ ؟ إحسب الاس الهيدروجيني (pH) لمحلول قطب الهيدروجين إذا علمت أنّ مقدار الطاقة الحرة لتفاعل الخلية kJ/mol 49- وأنّ جهد اختزال قطب النيكل القياسي $-0.25\ V$ ؟

الحــــل

نكتب تفاعل نصفي الخلية الأنود (تأكسد) والكاثود (اختزال)

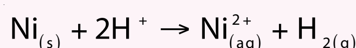


$E^{\circ}_{anode} = +0.25V$



$E^{\circ}_{cathode} = 0.00V$

التفاعل العام



نحسب جهد الخلية القياسي

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$$

$$E^{\circ}_{cell} = +0.25 + 0.00 = +0.25V$$

نحول وحدة (KJ) إلى (J)

$$\Delta G'(J/mol) = \Delta G'(KJ/mol) \times \frac{1000(J)}{1(KJ)}$$

$$\Delta G'(J/mol) = -49(KJ/mol) \times \frac{1000(J)}{1(KJ)}$$

$$\Delta G = -nFEcell$$

$$-49000(J/mol) = -2 \times 96500 \times Ecell$$

وبحل المعادلة نحصل على أن $Ecell = 0.26V$

نطبق معادلة نرنست لايجاد (H+)

$$E_{cell} = E^{\circ}_{cell} - \frac{0.026V}{n} / n\frac{[Ni^{2+}]}{[H^{+}]^{2}}$$

$$0.26V = 0.25 - \frac{0.026}{2} in\frac{0.01}{[H^{+}]^{2}}$$

وبحل المعادلة نجد أنّ

$$0.26 - 0.25 = -\frac{0.026}{2} in\frac{0.01}{[H^{+}]^{2}}$$

$$[H^{+}] = 0.1M$$

$$pH = -\log[H^{+}]$$

$$pH = -\log(0.1)$$

$$pH = 1$$

السؤال 6-30

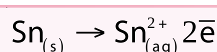
إذاعلمت أنّ جهد الخلية الآتية:



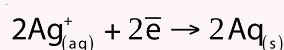
$$Sn \mid Sn^{2+}(?\ M) \parallel Ag^{+}(1\ M) \mid Ag$$

عند درجة $25^{\circ}C$ يساوي 0.9992 فولت. جد تركيزايونات القصدير (Sn^{2+}) في محلول القطب علما أنّ قطب الفضة في ظروفه القياسية وجهود الاختزال القياسية $E^{\circ}_{Sn^{2+}/Sn} = -0.14\ V$ و $E^{\circ}_{Ag^{+}/Ag} = +0.80\ V$.

الحل



$Sn_{(s)} \rightarrow Sn^{2+}_{(aq)}\ 2\bar{e}$ $\qquad E^{\circ}_{anode} = +0.14V$



$2Ag^{+}_{(aq)} + 2\bar{e} \rightarrow 2Aq_{(s)}$ $\qquad E^{\circ}_{cathode} = +0.80V$

التفاعل العام



$$Sn_{(s)} + 2Ag^{+}_{(aq)} \rightarrow Sn^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{anode} + E^{\circ}_{cathode}$$

$$E^{\circ}_{cell} = +0.14 + (0.80) = +0.94V$$

$$E_{cell} = E^{\circ}_{cell} - \frac{0.026V}{n} \ln \frac{[Sn^{2+}]}{[Ag^{+}]^{2}}$$

$$\mathbf{0.9992}\ V = 0.94V - \frac{0.026}{2} \ln \frac{[Sn^{2+}]}{(1)^{2}}$$

وبحل المعادلة نجد $[Sn^{2+}]$ الذي يساوي:

$[Sn^{2+}] = 1 \times 10^{-2}(M)$ او $0.01(M)$

السؤال 6-31

أمرر تياراً كهربائياً شدته $10\ A$ خلال $965\ s$ في خلية تحليل كهربائي تحتوي على كبريتات النحاس ما هو وزن النحاس المترسب وعدد ذراته علما أنّ الكتلة الذرية للنحاس= 63؟

الحــــل

تفاعل نصف الخلية الاتي:



$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e \longrightarrow Cu_{(s)}$$

$$Q(mol{\cdot}e) = \frac{I_{(A)} \times t_{(s)}}{96500\ (C/mol)}$$

$$Q(mol{\cdot}e) = \frac{10(A) \times 965(s)}{96500\ (C/mol)}$$

$$Q(mol{\cdot}e) = 0.1(mol{\cdot}e)$$

وحسب معادلة اختزال ايون النحاس نجد أنّ $2(mol{\cdot}e)$ ترسب $1(mol{\cdot}e)$ من النحاس لذلك

$$n_{cu^{2+}}(mol) = 0.1(mol{\cdot}e) \times \frac{1(mol)}{2(mol{\cdot}e)}$$

$$= 0.05(mol)$$

ومن عدد المولات نجد كتلة النحاس المترسبة

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(g/mol)}$$

$$m(g) = n(mol) \times M(g/mol)$$

$$= 0.05\ (mol) \times 63(g/mol) = 3.15\ g$$

(2) لحساب عدد ذرات CU المترسبة عند الكاثود أن المول الواحد 1mole يحتوي على عدد افوكادرو (NA)من الذرات(atoms)، اي أنّ

عدد الذرات= عدد المولات × عدد افو كادرو الذرات

عدد الذرات = $N_A(atoms/mol) \times n(mol)$

$$6.023 \times 10^{23}\ (atoms/mol) \times 0.05\ (mol) = 0.3 \times 10^{23}$$

السؤال 6-32

يترسب 0.648 g من احد الفلزات احادي التكافؤ على الكاثود عند امرار تيار كهربائي شدته 3 A لمدة 3 min و 13 s في محلول احد الاملاح لذلك الفلز. إحسب الكتلة الذرية للفلز المترسب ؟

الحـــل

بما أن الفلز احادي التكافؤ يكون عدد تأكسده (1+) وحدة الزمن في علاقة فاراداي هي الثأنّية، لذا نحول الدقائق (Min) إلى ثوأنّي (s)

$$t(s) = t(min) \times \frac{60\ (s)}{1(min)}$$

$$t(s) = 3(min) \times \frac{60\ (s)}{1(min)} = 180\ (s)$$

$$t(s) = 180\ (s) + 13\ (s) = 193\ (s)$$

$$Q(mol{\cdot}e) = \frac{I(A) \times t(s)}{96500\ (C/mol)}$$

$$Q(mol{\cdot}e) = \frac{3\ (A) \times 193\ (s)}{96500\ (C/mol)} = 0.006\ (mol{\cdot}e)$$

وبما أنّ الفلز احادي التكافؤ فكل 1mol·e يرسب 1mole من الفلز لذلك

$$n(mol) = 0.006\ (mol{\cdot}e) \times \frac{1(mol)}{(1mol{\cdot}e)}$$

ومن العلاقة بين عدد المولات والكتلة المولية

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M(g/mol)}$$

$$M(g/mol) = \frac{m\ (g)}{n\ (mol)}$$

$$M(g/mol) = \frac{0.648\ (g)}{0.006\ (mol)}$$

$$M(g/mol) = 108(g)$$

الكتلة الذرية للفلز

السؤال 6-33

إحسب عدد الالكترونات اللازمة لتحرير ضعف الحجم المولي لغاز الأوكسجين في STP (معلومة: الحجم المولي لاي غاز عند STP يساوي 22.4 L)؟

الحــــل

يتحرر الأوكسجين عند الأنّود من التحليل الكهربائي للماء حسب المعادلة الآتية:

$2H_2O$  $O_2 + 4H^+ + 4e$

الحجم الموالي لاي غاز عند (STP) هو الحجم الذي يحرره مول واحد وبما أنّ الأوكسجين المتحرر هو ضعف الحجم الموالي فعدد مولات الأوكسجين تساوي 2mol.

وحسب معادلة التأكسد نلاحظ أنّ كل 4mol·e تحرر 1mol لذا فعدد mol·e يساوي

$2 \times 4 = 8\ mol{\cdot}e$

وكل مول من الالكترونات يحتوي على عدد افوكادرو (N_A) من الالكترونات لذلك

عدد الالكترونات = $(mol{\cdot}e) \times (N_A(mol^{-1})$

$= 8\ (mol{\cdot}e) \times 6.023 \times 10^{23}(mol^{-1})$

$= 48.16 \times 10^{23}\ e$

السؤال 6-34

إحسب شدة التيار اللازم امراره لمدة 2 hr و 520 s في خلية تحليل الماء كهربائيا لكي يحرر 36.12×10^{21} جزيئة من الهيدروجين والأوكسجين على قطبي الخلية ؟

الحل



$$2H_2O \longrightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

من المعادلة نلاحظ عدد جزيئات H_2 المتحررة هي ضعف عدد جزيئات O_2 المتحررة

نفرض عدد جزيئات $O_2 = X$

عدد جزيئات $H_2 = 2X$

$$X + 2X = 36.12 \times 10^{21}$$

$$3X = 36.12 \times 10^{21}$$

$$X = \frac{36.12 \times 10^{21}}{3}$$

$X = 12.04 \times 10^{21}$ جزيئة

عدد جزيئات الأوكسجين تساوي حاصل ضرب عدد المولات (n) × عدد افوكادروا N_A

$$NA\ (molecules/mol) \times n(mol) = NO{\cdot}molecules$$

$$n_{O2(mol)} = \frac{(NO{\cdot}molecules)}{N_A(molecules/mol)}$$

$$n_{O2(mol)} = \frac{12.04 \times 10^{21}\ (\cancel{molecules})}{6.02 \times 10^{23}(\cancel{molecules}/mol)} = 0.02\ mol$$

وحسب تفاعل نصف خلية التحليل الكهربائي للماء



$$2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$$

نلاحظ أنّ كل 4mol·e تحرر 1mol من الأوكسجين فعدد $mol{\cdot}e^-$ يساوي

$$4 \times 0.02 = 0.08\ mol{\cdot}e^-$$

في علاقة فاراداي الزمن بوحدة (s)

لذا لابد من تحويل الزمن من وحدة (hr) إلى (s)

$$t(s) = t(hr) \times \frac{3600\ (s)}{1\ hr}$$

$$= 2(\cancel{hr}) \times \frac{3600\ (s)}{1\ \cancel{hr}}$$

$$t(s) = 520\ (s) + 7200(s) = 7720\ (s)$$

$$Q(mole) = \frac{(A) \times t(s)}{96500\ (c/mol)}$$

$$0.08\ (mole) = \frac{I(A) \times 7720\ (s)}{96500\ (c/mol)}$$

وبحل المعادلة نحصل على

$I(A) = 1\ (A)$ شدة التيار

السؤال 6-35

اراد احد الصاغة طلاء خاتم من الذهب فامرر تياراً كهربائياً شدته 10 A في خلية الطلاء الكهربائي تحتوي على احد املاح الذهب فترسب الذهب على الخاتم، لوحظ أنّه خلال 9.65 s أنّ 75 % من الكهربائية قد استهلك لترسيب الذهب فما كتلة الذهب المترسب ؟ الكتلة الذرية للذهب=197؟

الحــــل

تفاعل ترسيب الذهب



$$AU_{(aq)}^{3+} + 3e^{-} \longrightarrow AU_{(s)}$$

$$Q(mol{\cdot}e) = \frac{I(A) \times t(s)}{96500\ (C/mo}$$

$$Q(mol{\cdot}e) = \frac{10\ (A) \times 9.65\ (s)}{96500\ (C/mol)} = 0.001(mol{\cdot}e)$$

75% من كمية الكهربائيه المستعمله لطلاء الذهب تساوي

$$0.001 \times 0.75 = 0.00075\ mol{\cdot}e$$

ومن معادلة اختزال ايون الذهب نلاحظ أنّ 3mol.e ترسب 1mole من الذهب

$$n_{Au}(mol) = 0.00075\ (mol{\cdot}e) \times \frac{1(mol)}{3(mol{\cdot}e)}$$

$$n_{Au}(mol) = 0.00030\ mol$$

من عدد المولات نجد كتلة الذهب المترسبة باستخدام العلاقة الآتية:

$$n_{Au}(mol) = \frac{m(g)}{M(g/mol)}$$

$$m(g) = n_{Au}(mol) \times M\ (g/mol)$$

$$m(g) = = 0.0003(\cancel{mol}) \times 197(g/\cancel{mol}) = 0.06\ g$$

السؤال 6-36

عند امرار $0.2\ mol.e^-$ في محلول كبريتات النحاس وبعد ترسيب جميع النحاس تحرر 0.448 L من الهيدروجين في STP. إحسب كتلة النحاس المترسبة ؟ الكتلة الذرية للنحاس= 63 .

الحــــل

يتم اختزال ايونات الهيدروجين إلى غاز H_2

$2H^+_{(aq)}$ + 2e  $H_{2(g)}$

أنّ 1mole من غاز الهيدروجين يمرر في STP حجم L/mol (22.4) منه لذا فعدد مولات الهيدروجين المتحررة

$$n_{H_2}(mol) = \frac{0.448(\cancel{L})}{22.4(\cancel{L}/mol)}$$

$$n_{H_2}\ (mol) = 0.02\ mol$$

ومن المعادلة اعلاه نلاحظ أنّ كل 2mol.e تحرر 1mole من H_2 لذا فعدد mol.e تساوي

$$2 \times 0.02 = 0.04\ mol{\cdot}e$$

لذا فعدد mol.e التي تم بواسطتها ترسيب النحاس تساوي

$$0.2(mol.e) - 0.04\ (mol.e) = 0.16\ mol.e$$

ومنها نحسب عدد مولات النحاس المترسبة حسب المعادلة اعلاه



$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e \longrightarrow Cu_{(s)}$$

اي أنّ 2mol.e يرسب 1mol من النحاس لذا فعدد مولات النحاس المترسبة تساوي:

$$n_{Cu}(mol) = 0.16\ (mol.e) \times \frac{1(mol)}{2mol.e}$$

$$n_{Cu}(mol) = 0.08\ mol$$

$$n_{CU}(mol) = \frac{m\ g}{M\ g/mol}$$

$$m(g) = n_{cu}(mol) \times m(g/mol)$$

$$m(g) = 0.08(\cancel{mol}) \times 63(g/\cancel{mol})$$

$$m(g) = 5.04\ g$$ عدد غرامات كتلة النحاس المترسبة

السؤال 6-37

ما هو التيار بالامبير (A) اللازم لترسيب 5 g من الذهب في ساعة واحدة على سطح الكاثود من محلول يحتوي على ملح للذهب حالة التأكسدللذهب فيه (+3) ؟

الحــــل

ترسيب



$$AU^{3+} + 3e \longrightarrow AU$$

حسب معادلة الاختزال للذهب نجد أنّ 3mol.e ترسب 1mol من الذهب ولكن عدد مولات المترسبة من الذهب في الساعة على سطح الكاثود هي:

$$n_{Au}(mol) = \frac{5\ (\cancel{g})}{197\ (\cancel{g}/mol)} = 0.025mol$$

لذا فعدد mol.e يساوي $0.075mol.e = 0.025 \times 3$

في علاقة فاراداي يجب أنّ تكون وحدة الزمن (s) ينبغي تحويل وحدة الزمن من 1hr إلى (s)

$$t(s) = t(hr) \times \frac{3600\ (s)}{1(hr)}$$

$$= 1(hr) \times \frac{3600(s)}{1(hr)}$$

$$Q(mol{\cdot}e) = \frac{I(A) \times t(s)}{96500\ (C/mol)} = 3600(s)$$

$$0.075\ (mol{\cdot}e) = \frac{I(A) \times 3600(s)}{96500(C/mol)}$$

لذا شدة التيار تساوي $I(A) = 2.14A$

السؤال 6-38

إحسب ثابت الاتزانّ للتفاعل الاتي :



$$Sn_{(s)} + Pb^{2+}_{(aq)} \rightleftharpoons Sn^{2+}_{(aq)} + Pb_{(s)}$$

علما أنّ جهود الاختزال القياسيه $E^\circ_{Sn^{2+}/Sn} = -0.14\ V$ و $E^\circ_{Pb^{2+}/Pb} = -0.13\ V$

الحــــل

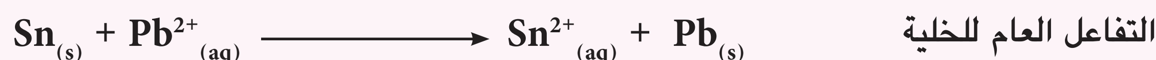
نكتب تفاعل نصفي الخلية عند الأنّود(تأكسد) والكاثود (اختزال)



$$Sn_{(s)} \longrightarrow Sn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^\circ_{anode} = +0.14V$$



$$Pb^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow pb_{(s)} \qquad E^\circ_{cathode} = -0.13V$$



التفاعل العام للخلية

$$Sn_{(s)} + Pb^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Sn^{2+}_{(aq)} + Pb_{(s)}$$

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{anode} + E^\circ_{cathode}$$

$$E^\circ_{cell} = (+\ 0.14V) + (-\ 0.13V) = 0.01V$$

ولحساب ثابت الاتزانّ K_{eq}

$$E^\circ_{cell} = \frac{0.026V}{n} \ln K_{eq}$$

وبحل المعادلة نحصل على

$$0.01\ V = \frac{0.026V}{n} \ln K_{eq}$$

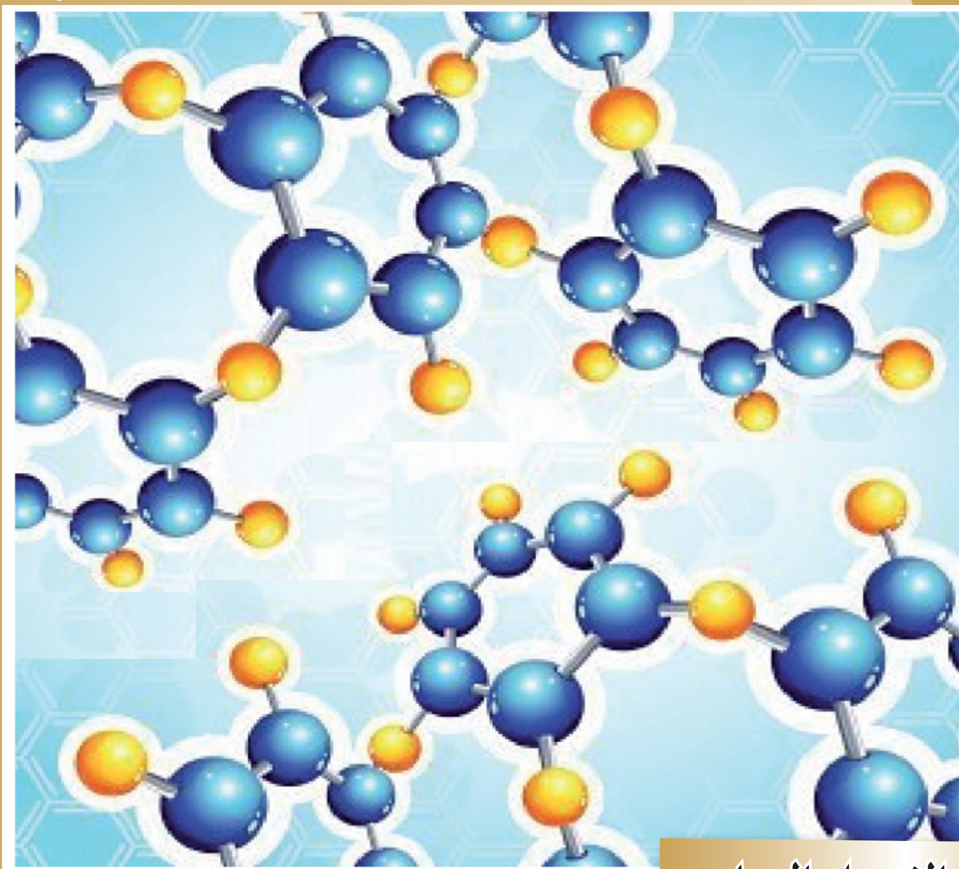
$$K_{eq} = 1 \times 10^{-2}$$

الفصل السّابع

7

الكيمياء العضوية للهيدروكاربونات المعوضة

Organic Chemistry for Substituted Hydrocarbons



مفردات الفصل السابع

المفاهيم الاساسية

الكيمياء العضوية Organic Chemistry

هي احد فروع علم الكيمياء الذي يهتم بدراسة خواص وتركيبها وتفاعلاتها الانواع المختلفة للمركبات التي يكون فيها عنصر الكاربون اساسياً في تكوينها اضافة الى عناصر اخرى.

الهيدروكاربونات Hydrocarbons

هي ابسط المركبات العضوية، إذ تحتوي على عنصري الكاربون والهيدروجين فقط، حيث ترتبط ذرات الكاربون فيما بينها باواصر تساهمية مفردة وتسمى هيدروكاربونات مشبعة كالالكانات او هيدروكاربونات غير مشبعة ترتبط فيها ذرات الكاربون باواصر تساهمية مزدوجة كالالكينات او ثلاثية كالالكاينات، ومنها الاروماتي كالبنزين ومشتقاته.

الايزومرات Isomers

مركبات عضوية مختلفة من ناحية الصيغة البنائية اي التركيبية ومختلفة في خواصها الفيزيائية والكيميائية ولكنها تشترك بصيغة جزيئية واحدة.

المجموعة الوظيفية Functional Group

هي ذرة او مجموعة ذرات ترتبط بذرة الكاربون في المركبات العضوية او هي اصرة ثنائية او ثلاثية بين ذرتي كاربون. فتكتسب تلك المركبات صفات كيميائية وفيزيائية متماثلة تميزها عن غيرها من المركبات العضوية .

هاليدات الالكيل Alkyl Halides

مركبات عضوية ترتبط مجموعة الالكيل (R-) فيها بذرة هالوجين (X-) وتُعد من مشتقات الالكانات لانه تم استبدال ذرة هيدروجين في الالكان بذرة هالوجين صيغتها العامة R-X وقانونها العام $C_nH_{2n+1}X$ والمجموعة الفعالة (الوظيفية) فيها C-X.

قاعدة ماركوفنيكوف Markofenkof Rule

عند اضافة الكاشف غير المتناظر الى مركبات الاصرة المزدوجة غير المتناظرة فان الايون الموجب (ايون الهيدروجين) من الكاشف يضاف الى ذرة كاربون الاصرة المزدوجة التي تحمل العدد الاكبر من ذرات الهيدروجين وتكوين ايون الكاربونيوم الاكثر استقراراً اما الايون السالب فيضاف الى ذرة كاربون الاصرة المزدوجة التي تحمل العدد الاقل من ذرات الهيدروجين.

كاشف الكتروفياتي Electrophyl Reagent

كواشف باحثة عن الالكترونات وهي الذرات او الجزيئات او الايونات التي تستطيع استيعاب زوج واحد من الالكترونات لانها تمتلك اوربيتال فارغ وتمثل حوامض لويس مثل ايون الكاربونيوم R^+ و X^+ و NO_2^+ ومجموعة الكاربونيل $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$ وكلوريد الالمنيوم $AlCl_3$



كاشف نيوكليوفياتي Nucluphyl Reagent

كواشف باحثة عن النواة وهي الذرات او الجزيئات او الايونات التي تستطيع هبة زوج من الالكترونات حيث انها غنية بالالكترونات والمشاركة فيها وتمثل قواعد لويس ومنها H^- و X^- و OH^- وايون الكاربانيون R^- الاصرة المزدوجة والثلاثية والامونيا NH_3

الكحولات

مركبات عضوية تحتوي على مجموعة الهيدروكسيل مرتبطة بذرة الكاربون المشبعة صيغتها العامة $R-OH$ وقانونها العام $C_nH_{2n+2}O$ والمجموعة الفعالة فيها $-C-OH$.

الايثرات

مركبات عضوية تحتوي على ذرة اوكسجين مرتبطة بمجموعتين الكيل صيغتها العامة $R-O-R$ وقانونها العام $C_nH_{2n+2}O$ والمجموعة الفعالة فيها $C-O-C$.

الالديهايدات

مركبات عضوية تحتوي على مجموعة الكاربونيل $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$ مرتبطة باحد طرفيها بذرة هيدروجين والطرف الاخر بمجموعة الكيل او ذرة هيدروجين، صيغتها العامة $R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$ وقانونها العام $C_nH_{2n+2}O$ والمجموعة الفعالة فيها هي مجموعة الكاربونيل.

الكيتونات

مركبات عضوية تحتوي على مجموعة الكاربونيل مرتبطة بطرفيها بمجموعتين الكيل صيغتها العامة $R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-R$ وقانوها العام $C_nH_{2n}O$ والمجموعة الفعالة فيها هي مجموعة الكاربونيل.

الحوامض الكاربوكسيلية

مركبات عضوية المجموعة الفعالة فيها مجموعة الكاربوكسيل $-COOH$ صيغتها العامة $R-COOH$ وقانونها العام $C_nH_{2n}O_2$

الاسترات

مركبات عضوية مشتقة من الحوامض الكاربوكسياتية تشترك معها بوجود الاوكسجين الكاربوكسيل $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-$ ولكن يكمن الاختلاف بينهما في الجزء المرتبط بذرة الاوكسجين ففي الحوامض العضوية ترتبط بذرة هيدروجين وفي الاسترات بمجموعة الكيل $R-$ صيغتها العامة $R-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-R$ وقانونها العام $C_nH_{2n}O_2$

الامينات

مركبات عضوية تُعد من مشتقات الامونيا حيث تحل مجموعة الكيل واحدة او اكثر محل ذرة هيدروجين او اكثر من الامونيا وتقسم على هذا الاساس الى امينات اولية RNH_2 وثانوية R_2NH وثالثية R_3N صيغتها العامة $R-NH_2$ وقانونها العام $C_nH_{2n+3}N$.

مقدمة شاملة

يتناول هذا الفصل مشتقات المركبات الهيدروكاربونية، وهي مكملة لما درسه الطالب في السنين السابقة ولمتابعة دراسة هذا الموضوع يتعرف عند بداية دراستها المجموعات الوظيفية التي تميز كل مشتقة. وتكون مسؤولة عن خواصه، ثّم يتناول تسمية تلك المشتقات. ولاسيَّما نظام الايوباك، وتعد دراسة الكحولات اساساً تنطلق منه للحصول على المشتقات الاخرى مثل الالديهايدات والكيتونات والحوامض والاسترات مع الاشارة الى اهم تفاعلاتها واستخداماتها في الحياة .

الاهداف التعليمية للفصل

في المجال المعرفي / بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على ان: -

1 - يصنف الكحولات تبعاً لنوع ذرة الكربون المتصلة بمجموعة الهيدروكسيل.

2 - يميز مشتقات المركبات الهيدروكاربونية بحسب ارتباط المجموعة الوظيفية.

3 - يحّدد خواص كل نوع من المركبات الهيدروكاربونية.

4 - يسمي المشتقات بحسب نظام الايوباك IUPAC.

5 - تصنف الامينات .

6 - يعلل تفاعل الالديهايدات والكيتونات.

7 - يفسر التشابه بين خواص مثيل امين وغاز الامونيا.

8 - يعلل زيادة درجات غليان مشتقات المركبات الهيدروكاربونية بزيادة كتلتها المولية.

9 - يبين دور كاشف تولن في التمييز بين الالديهايدات والكيتونات .

10 - يبين ماهية محلول فهلنك .

في المجال المهاري / بعد الانتهاء من الفصل يكون الطالب قادراً على ان:

1 - يحضر الكحولات مختبرياً .

2 - يحضر الايثرات في المختبر .

3 - يسمي مشتقات المركبات الهيدروكاربونية تبعاً لنظام الايوباك.

4 - يقوم باجراء تجارب اكسدة الكحولات والالديهايدات.

5 - يتدرب على مهارات الذوبان والتسخين.

في المجال الوجداني / بعد الانتهاء من الفصل يكون الطالب قادراً على ان :

1 - يقدر عظمة الخالق (سبحانه وتعالى) على وجود هذه المركبات.

2 - يقدر جهود العلم والعلماء في اكتشاف بعض مشتقات المركبات الهيدروكاربونية .

3 - يكتسب حب العمل اليدوي والمحافظة على الادوات والاجهزه التي تستخدم في المختبر .

4 - يكتسب مهارات عقلية من خلال تفسير سبب حدوث بعض التفاعلات وتفسير التشابه والاختلاف بين خواص المشتقات لبعض المركبات الهيدروكارونية.

5 - يقوم بمناقشات ومقارنات وكذلك استقصاءات علمية عند اجراء بعض التجارب العملية.

خطة انموذجّية مقترحة للدرس

الموضوع / الكحولات

الاهداف السلوكية للدرس

في المجال المعرفي / بعد الانتهاء من الدرس يكون الطالب قادراً علي ان :

1 - يصنف الكحولات تبعاً لنوع ذرة الكاربون المتصلة بمجموعة الهيدروكسيل .

3 - يبين اوجه الشبه بين انواع الكحولات.

4 - يبين اوجه الاختلاف بين انواع الكحولات.

5 - يميز انواع الكحولات بحسب المجموعة الوظيفية.

6 - يسمي المركبات الكحولية.

7 - يقارن بين نواتج اكسدة الكحولات.

في المجال المهاري / بعد الانتهاء من الدرس يكون الطالب قادراً على انه :

1 - يكتب الصيغة الكيميائية للكحولات.

2 - يرسم خريطة مفهومات بمادة الدرس.

3 - يحضر الكحولات مختبرياً.

4 - يقوم بإجراء تجارب اكسدة الكحولات.

في المجال الوجداني / بعد الانتهاء من الفصل يكون الطالب قادراً على انه:

1 -يقدر عظمة الخالق (سبحانه وتعالى) على وجود هذه المركبات.

2 - يقدر جهود العلم والعلماء في اكتشاف بعض انواع الكحولات.

3 - يكتسب حب العمل اليدوي التجريبي والمحافظة على الادوات والاجهزة المستخدمة في المختبر.

سير الدرس

العرض / (35 دقيقة)

اولاً / تقديم المفهوم / (10 دقائق)

يشمل تهيئة الطلبة للدرس وذلك من خلال تحديد الخبرات السابقة المتعلقة بالدرس ثم عرض المفهوم الرئيسي للدرس ويشمل :-

ا - يبدا الدرس بمناقشة الطلبة حول مادرسوه في السنين السابقة عن الكحولات وفوائدها واضرارها . ومن الاسئلة التي يمكن ان يطرحها المدرس:

1 - ما الاغراض التي تستخدم فيها الكحولات.

2 - إذكر امثلة للكحولات.

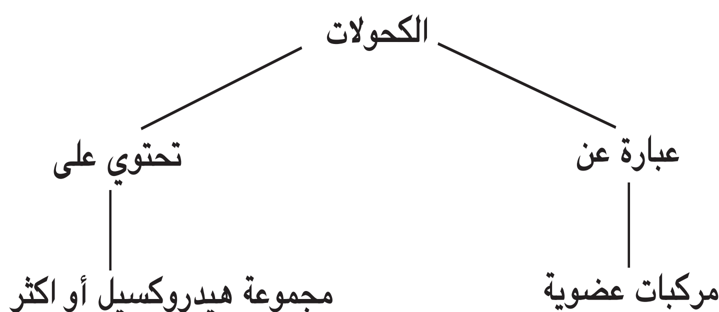
3 - اكتب الصيغة الكيميائية لبعض الكحولات.

4 - ما الكحولات .

ب - يكتب المدرس تعريف الكحولات على السبورة، او يعده سلفاً على شفافية وهو:

(الكحولات مركبات عضوية تحتوي على مجموعة هيدروكسيل او اكثر كمجموعة وظيفية)

ثم يقوم المدرس بشرح الكلمات التي تحتها خط، وذلك لضمان فهم الطلبة لمعنى التعريف وتجنبهم الحفظ التلقائي، وبعد ذلك يرسم بالاشتراك مع طلبته خريطة للمفاهيم لهذا الجزء من الدرس.

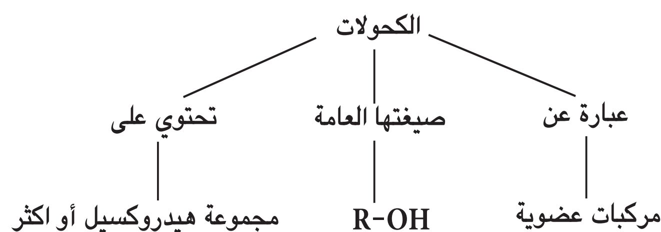


ثانياً / ترتيب المفاهيم هرمياً من العام الى الخاص /(15 دقيقة)

في هذا الجزء يحرص المدرس على عرض مادة الدرس من العام الى الخاص او من الاكثر الى الاقل عمومية .

1 - يكتب المدرس على السبورة امثلة للصيغ الكيميائية لبعض الكحولات ويربط ذلك بالسؤالين الثالث والرابع في تقديم المفهوم : CH_3CH_2OH و CH_3OH وذلك ليتوصل الطلبة الى الصيغة العامة للكحولات وهي R-OH، بعد ذلك تضاف المعلومة الجديدة الى الخريطة السابقة، كما موضح ادناه:

الكحولات عبارة عن مركبات عضوية تحتوي على مجموعة هيدروكسيل او اكثر صيغتها العامة R-OH.



2 - يقوم المدرس بادارة المناقشة الآتية :

- هل يمكن تقسيم الكحولات على وفق عدد مجموعة الهيدروكسيل ؟ ما التقسيم الذي تقترحونه ؟
- ما اوجه الشبه بين مجاميع الهيدروكسيل ؟
- ما اوجه الاختلاف بين مجاميع الهيدروكسيل ؟
- كم عدد مجموعات الهيدروكسيل في كل مركب ؟

3 - يتابع المدرس مناقشة الطلبة للتوصل الى التقسيم الثاني على النحو الآتي :

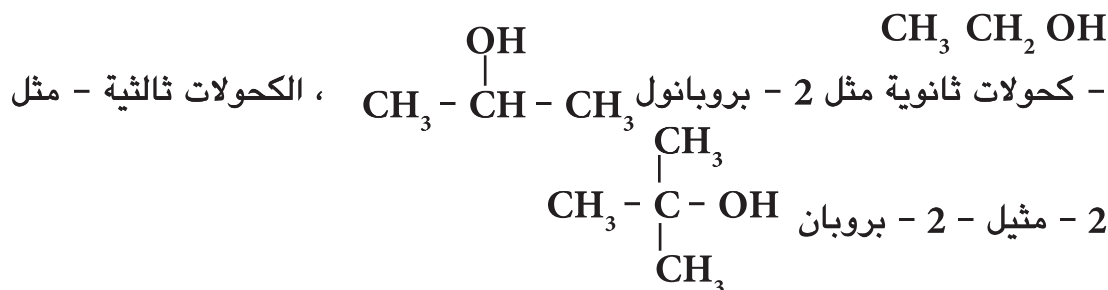
- كم عدد مجموعة الالكيل في كل مركب ؟
- هل يمكن تقسيم الكحولات على وفق عدد مجموعة الالكيل ؟ وما التقسيم الذي تقترحونه ؟
- ثم يرسم المدرس بالاشتراك مع طلبته خريطة المفاهيم لهذا الجزء من الدرس .

الكحولات

- عبارة
- مركبات عضوية
- تحتوي على مجموعة هيدروكسيل او اكثر
- تصنف بطريقتين
- وفقاً لعدد مجموعة الهيدروكسيل
- احادي الهيدروكسيل -مثل-الميثانول: CH_3-OH
- ثنائي الهيدروكسيد كلايكول الاثيلين $HO\,CH_2\,CH_2OH$

متعددة الهيدروكسيل - مثل - الكليسرول

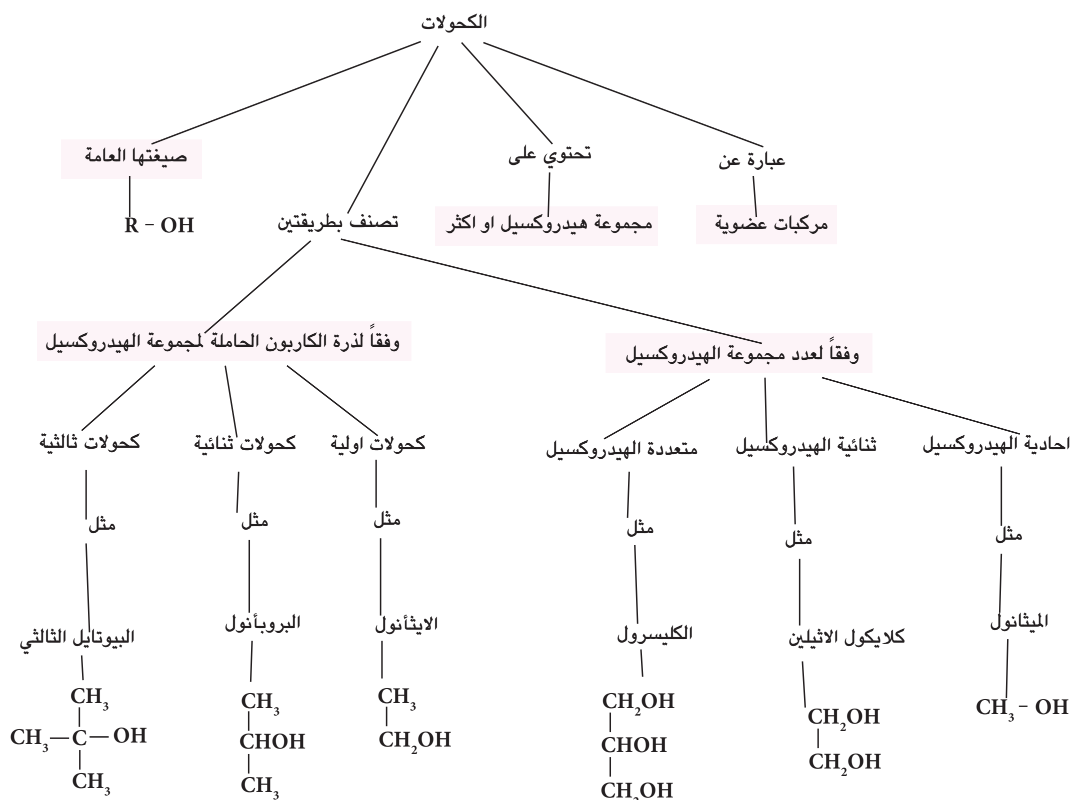
وفقاً لعدد ذرات الكاربون المرتبطة بمجموعة الهيدروكسيل-كحولات اولية - مثل الايثانول



$CH_3\,CH_2\,OH$

- كحولات ثانوية مثل 2 - بروبانول $CH_3-CH(OH)-CH_3$ ، الكحولات ثالثية - مثل

2 - مثيل - 2 - بروبان $CH_3-C(CH_3)_2-OH$



ثالثاً / العلاقة العرضية بين المفاهيم /(10 دقائق)

وهنا يناقش المدرس طلبته للبحث عن اوجه الشبه والاختلاف بين المفاهيم الرئيسة التي يشمل الدرس (الموضوعة اي المخططات في الخريطة اعلاه حيث ان الامثلة لا توضع داخل مخطط) . ويمكن ان يتم ذلك بعد التوصل الى الصورة النهائية لخريطة المفاهيم .

يمكنك عزيزي المدرس اثارة الطلبة بطرح السؤال الاتي :

هل هناك علاقة بين المفاهيم الملخصة في خريطة الدرس ؟

وبادارتك لحوار ومناقشة يمكن التوصل مع الطلبة الى العلاقة بين مفهوم الصيغة العامة للكحولات (R-OH) وبين امثلة الكحولات، ثم يرسموا خطوطاً عرضية يبين نوع العلاقة كان يكتبوا (مثال). وفي بعض الدروس كون الارتباطات العرضية اكثر اهمية مما عرض في هذا الدرس، كما تساعد على الكشف عن الطلبة المبدعين لانهم يكتشفوا ارتباطات جديدة واصلية.

ما ناتج تسخين بروميد الاثيل مع محلول مائي مركز من هيدروكسيد البوتاسيوم؟

فكر:

ما نوع الكحول الناتج من اختزال البروبانون؟

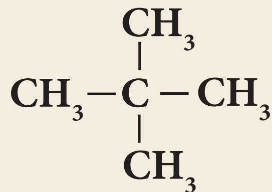
تمرين 7-1

اكتب الصيغ التركيبية جميعها للمركب C_5H_{12} مع تسميتها .

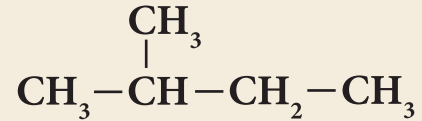
الحـــــل



بنتانْ



2،2 – ثنائي مثيل بروبان

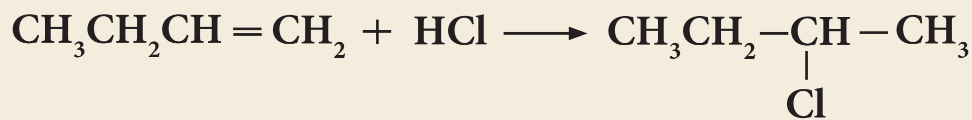


2 – مثيل بيوتان

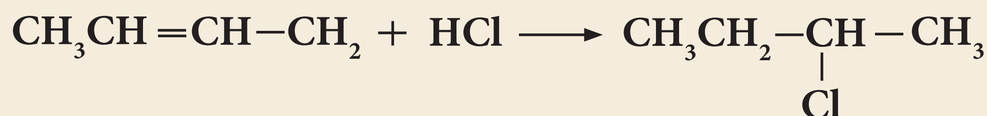
تمرين 7-4

اكتب تفاعل اضافة HCl مرة الى 1– بيوتين واخرى الى 2– بيوتين.

الحـــــل



2 - كلورو بيوتان

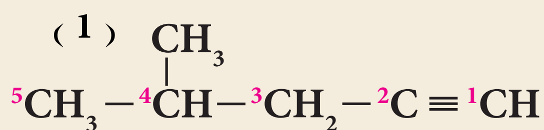


2 - كلورو بيوتان

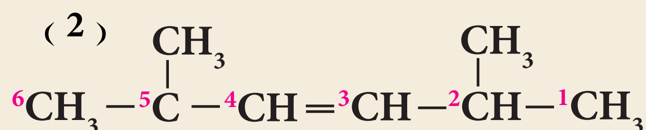
تمرين 2-7

اكتب اسماء المركبات الآتية حسب نظام ايوباك (IUPAC).

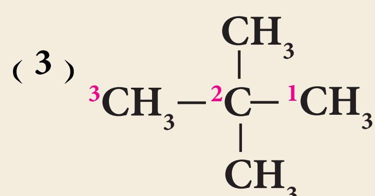
(1)



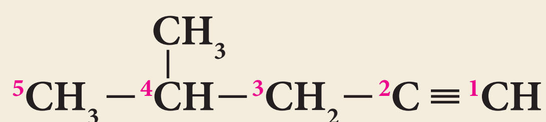
(2)



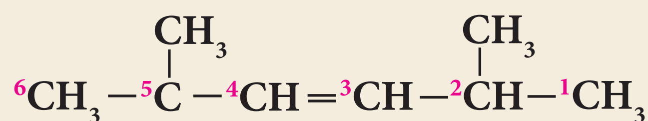
(3)



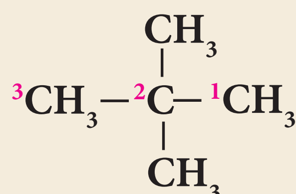
الحـــل



4 - مثيل - 1 - بنتاين



5،2 - ثنائي مثيل - 3 - هكسين



2،2 - ثنائي مثيل بروبان

تمرين 7-3

1 - ارسم الصيغة البنائية لكل مما يأتي ثم صنفها الى اولية وثانوية وثالثية:

أ - 1،1 - ثنائي كلورو ايثان

ب - 2 - برومو - 2 - يودو هكسان

ج - 2 - يودو - 2 - مثيل بيوتان

2 - اكتب الاسم النظامي لكل مما يأتي:

أ - $CHCl_3$

ب - $\underset{\text{Br}}{CH_2}-\underset{\text{Cl}}{CH}-CH_3$

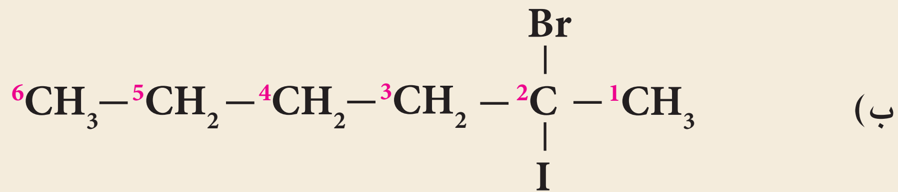
الحــل

1)

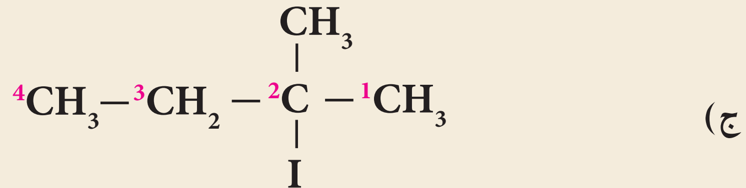
أ)



ب)



ج)



2 - اكتب الاسم النظامي لكل مما يأتي:

أ) 1,1,1 - ثلاثي كلورو ميثان

ب) 1 - برومو - 2 - كلورو بروبان

تمرين 7-5

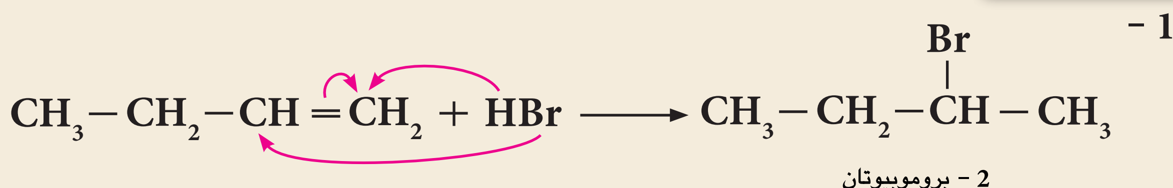
اكتب المعادلة الكيميائية التي تحقق التفاعلات الاتية:

1 - تحضير (2 - برومو بيوتان) من الالكين المناسب.

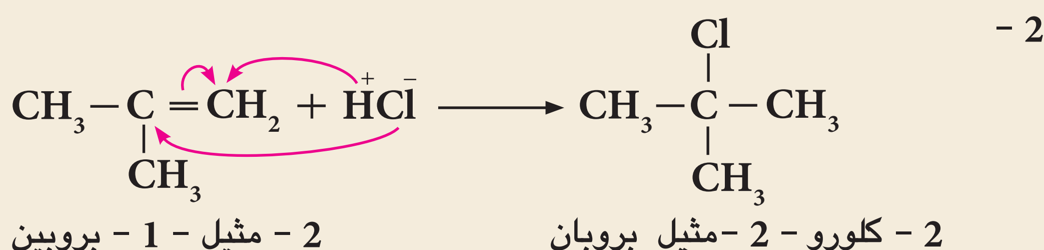
2 - اضافة حامض الهيدروكلوريك HCl الى (2 - مثيل بروبين).

الحـــــل

1 -



2 -



تمرين 7-6

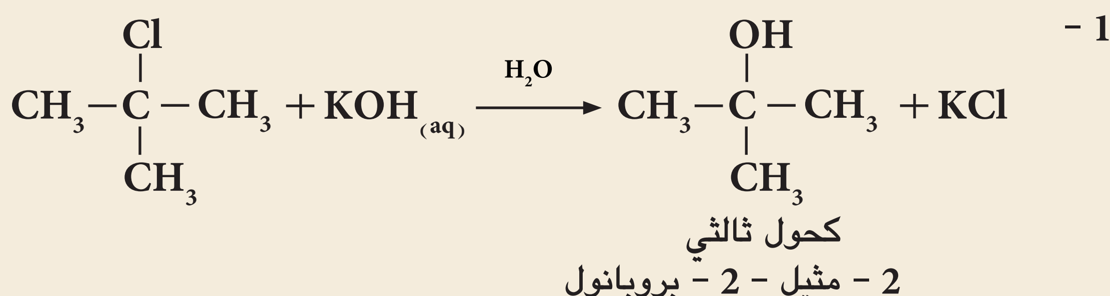
وضح بالمعادلة الكيميائية ماذا يحدث عند مفاعلة:

1 - محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH في محلولها المائي مع 2 - كلورو - 2 - مثيل بروبان.

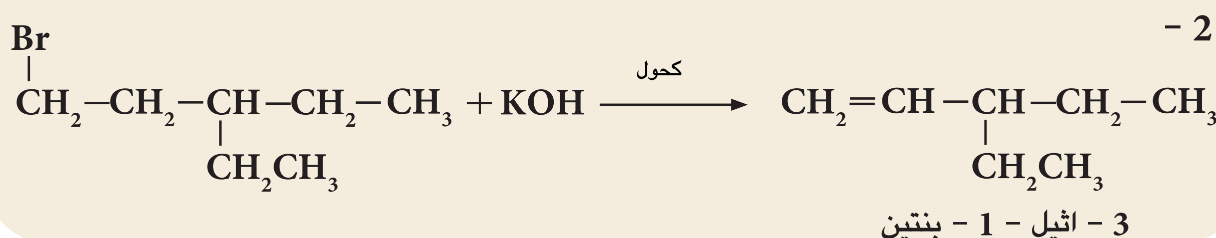
2 - محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH الكحولي مع 1 - برومو - 3 - اثيل بنتان.

الحـــــل

1 -

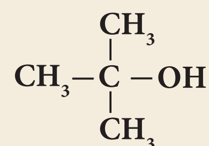


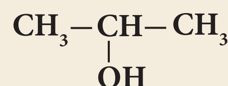
2 -

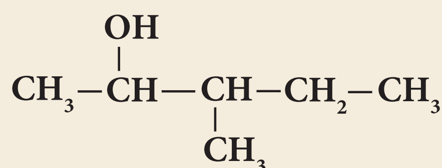


تمرين 7-7

أ - اكتب الاسم النظامي لكل من المركبات الاتية:







ب - اكتب الصيغة البنائية لكل مما يأتي:

1) 2 - مثيل - 2 - هكسانول

2) 2،2 - ثنائي مثيل - 1 - بيوتانول

3) 3 - مثيل - 3 - بنتانول

الحــــل

أ -

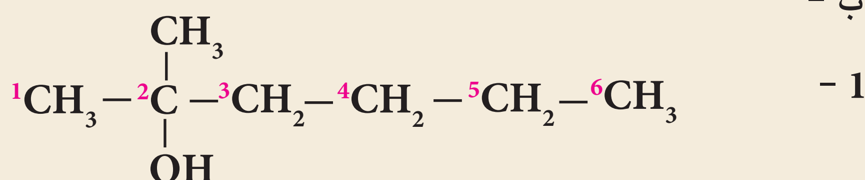
2 - مثيل - 2 - بروبانول

2 - بروبانول

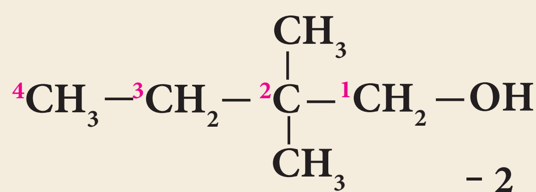
3 - مثيل - 2 - بنتانول

ب -

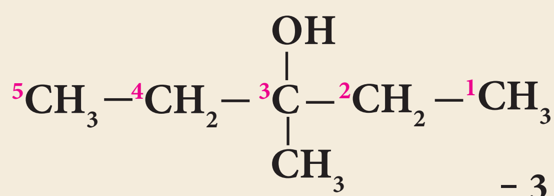
1 -



2 -



3 -



تمرين 7-8

اكتب الصيغ البنائية المحتملة لخمس متجانسات للكحولات ذوات الكتل المولية 88ig/mole؟

الحل

$C_nH_{2n+2}O = 88\ g/mol$

$12 \times n + 1(2n + 2) + 1 \times 16 = 88\ g/mol$

$12n + 2n + 2 + 16 = 88\ g/mol$

$14n + 18 = 88$

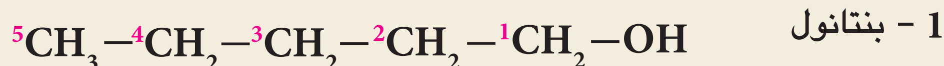
$14n\ 88 - 18$

$14n = 70$

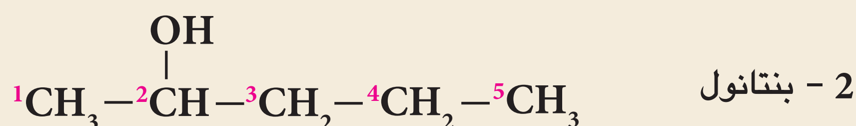
$n = 70/14$

$n = 5 \Rightarrow C_5H_{12}O$

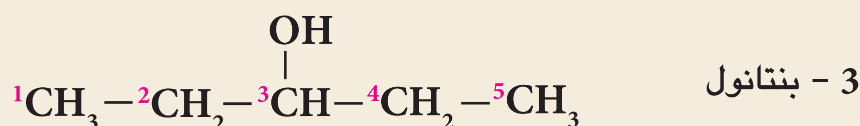
1 - بنتانول

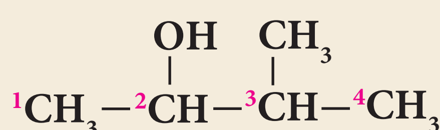


2 - بنتانول

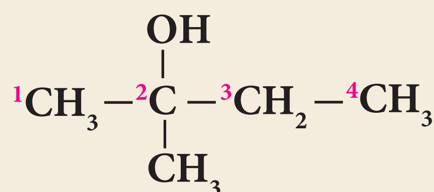


3 - بنتانول





3 - مثيل - 2 - بيوتانول



2 - مثيل - 2 - بيوتانول

تمرين 7-9

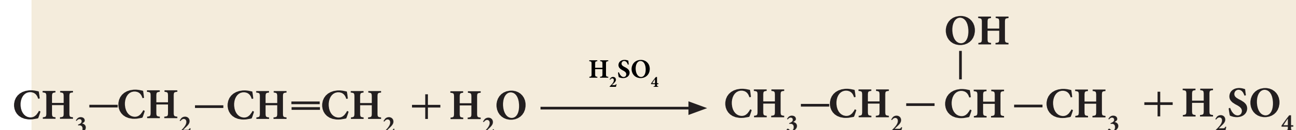
حضر :

1) 2 - بيوتانول من 1 - بيوتين

2) الايثانول من الاثيلين

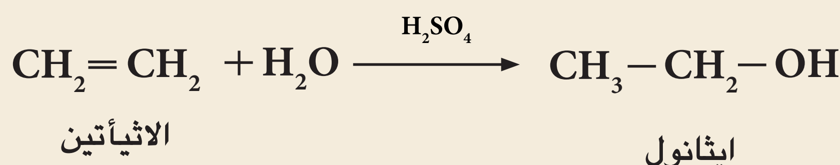
الحل

1 -



$$CH_3-CH_2-CH=CH_2 + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3-CH_2-\underset{}{\overset{OH}{\overset{|}{CH}}}-CH_3 + H_2SO_4$$

2 -

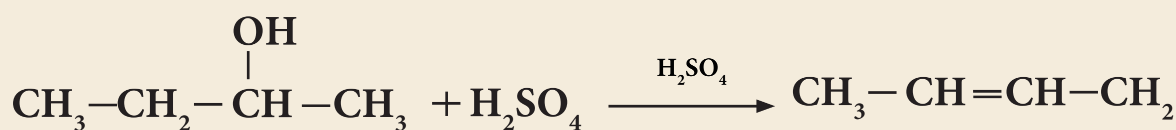


$$\underset{\text{الاثيأتين}}{CH_2=CH_2} + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} \underset{\text{ايثانول}}{CH_3-CH_2-OH}$$

تمرين 7-10

عند سحب جزيء ماء من 2 - بيوتانول يكون الناتج 2 - بيوتين وليس 1 - بيوتين، علل ذلك.

الحل



$$CH_3-CH_2-\overset{OH}{\overset{|}{CH}}-CH_3 + H_2SO_4 \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3-CH=CH-CH_3$$

وذلك حسب قاعدة ستيسيف حيث تسحب مجموعة OH ومعها ذرة هيدروجين من ذرة الكاربون المجاورة لذرة الكاربون الحاملة لمجموعة OH، والتي تحمل أقل عدد من ذرات الهيدروجين.

تمرين 7-11

ما ناتج الاكسدة التامة للمركبات الاتية:

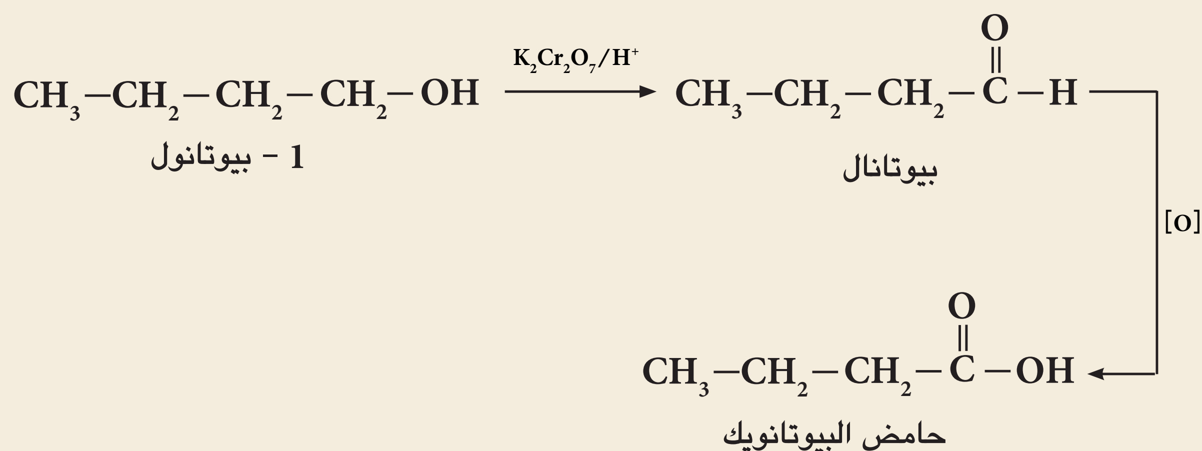
1) 1 - بيوتانول

2) 2 - بيوتانول

3) 2 - مثيل - 2 - بروبانول

الحــــل

1 -



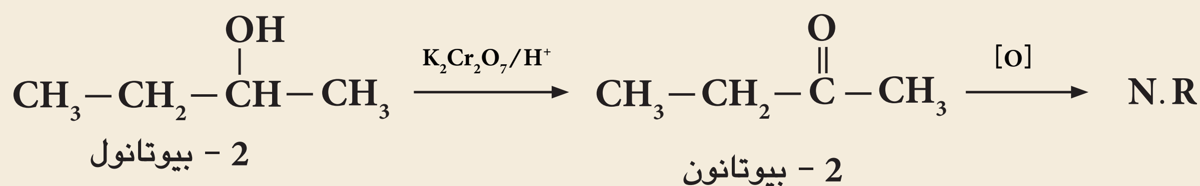
$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH \xrightarrow{K_2Cr_2O_7/H^+} CH_3-CH_2-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$$

1 - بيوتانول ← بيوتانال

$$CH_3-CH_2-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H \xrightarrow{[o]} CH_3-CH_2-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$$

حامض البيوتانويك

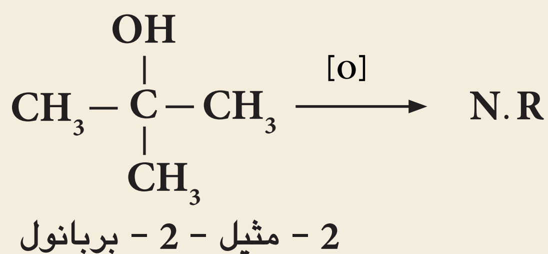
2 -



$$CH_3-CH_2-\overset{OH}{\overset{|}{CH}}-CH_3 \xrightarrow{K_2Cr_2O_7/H^+} CH_3-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3 \xrightarrow{[o]} N.R$$

2 - بيوتانول ← 2 - بيوتانون

3 -



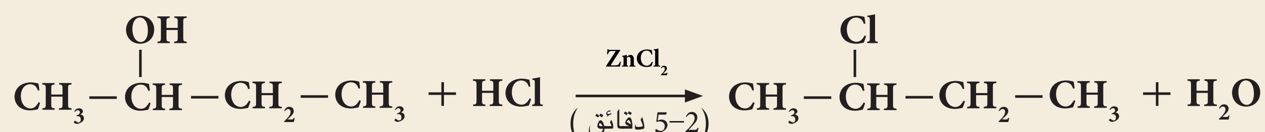
$$CH_3-\overset{OH}{\overset{|}{\underset{CH_3}{\underset{|}{C}}}}-CH_3 \xrightarrow{[o]} N.R$$

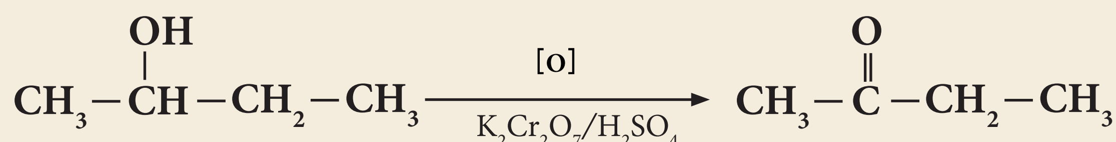
2 - مثيل - 2 - بربانول

تمرين 7-12

مركب عضوي يحتوي على اربع ذرات كاربون يستجيب لكاشف لوكاس وعند اكسدته يعطي كيتون. اكتب التفاعلات اعلاه وما صيغته البنائية.

الحل



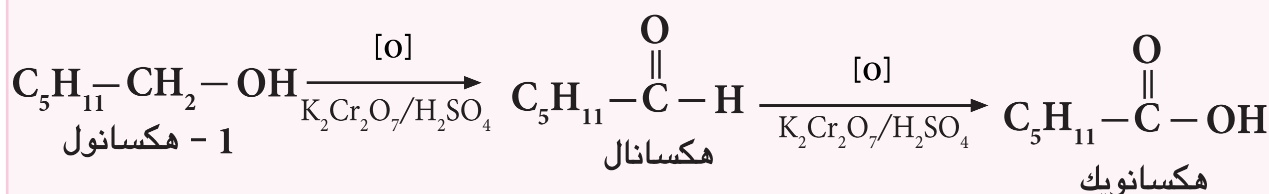


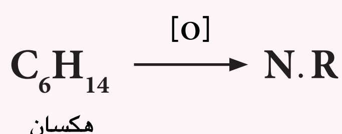
السؤال 7-2

أنْبوبتا اختبار تحتويأنْ على سائلين غير ملونين في احداهما 1 – هكسانول وفي الاخرى هكسان، كيف تميز بين السائلين؟

الحل

1 – هكسانول كحول اما هكسان فهو الكأنْ بالاكسدة بالعوامل المؤكسدة مثل $K_2Cr_2O_7/H_2SO_4$ حيث يتأكسد 1 – هكسانول فيعطي الالديهايد المقابل ثم الحامض الكاربوكسيأتي المقابل اما الهكسان فلا يتفاعل.





السؤال 7-4

يتوافر في المختبر كل من المركبين 1 – كلورو بيوتان و 1 – بيوتين، ايهما تختار لتحضير 1 – بيوتانول ؟

الحـــل

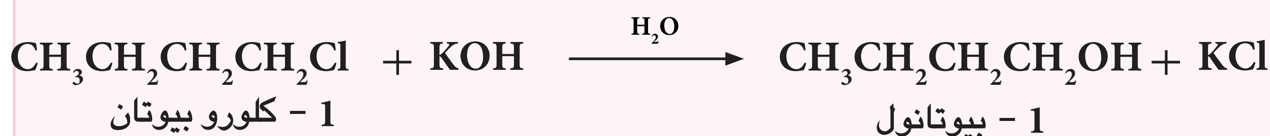
عند مقارنة الصيغ البنائية للمركبين المتوافرين في المختبر والمركب المراد تحضيره :



$$CH_3CH_2CH_2CH_2OH \qquad CH_3CH_2CH_2CH_2Cl \qquad CH_3CH_2CH{=}CH_2$$

1 – بيوتانول (1)   1 – كلورو بيوتان (2)   1 – بيوتين (3)

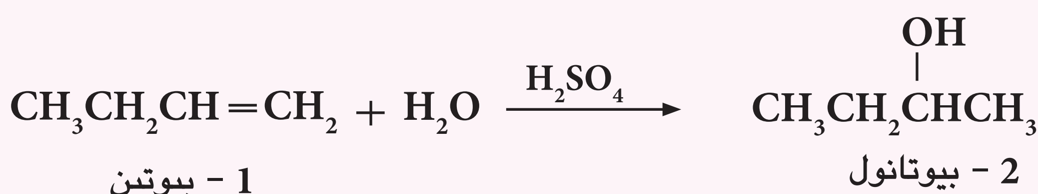
نلاحظ أنْ المركب (1) كحول تقع مجموعة الكاربوكسيل على ذرة الكاربون (1) والمركب (2) هاليد الكيل تقع مجموعة الكلور على كاربون (1)، لذلك من الممكن أنْ يحول المركب (2) الى المركب (1) باستخدام قاعدة قوية مثل KOH.



$$CH_3CH_2CH_2CH_2Cl + KOH \xrightarrow{H_2O} CH_3CH_2CH_2CH_2OH + KCl$$

1 – كلورو بيوتان   1 – بيوتانول

اما المركب (3) فهو الكين ومن ، الممكن أنْ يتحول الى كحول باضافة الماء بوسط حامضي مثل H_2SO_4 لكن الناتج سيكون وحسب قاعدة ماركوفينيكوف كحول 2 – بيوتانول وليس 1 – بيوتانول.



$$CH_3CH_2CH{=}CH_2 + H_2O \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3CH_2CH(OH)CH_3$$

1 – بيوتين   2 – بيوتانول

ولهذا نختار 1 – كلورو بيوتان بدلاً عن 1 – بيوتين.

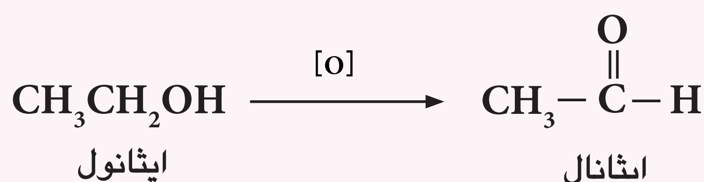
السؤال 7-15

اكتب الاسم والصيغة البنائية للكحول الذي يتأكسد ليعطي :

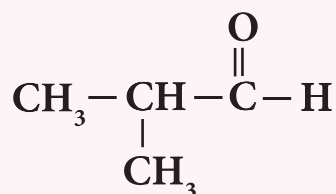
أ) ايثانال   ب) 2 – مثيل بروبانال   ج) 2 – بيوتانون

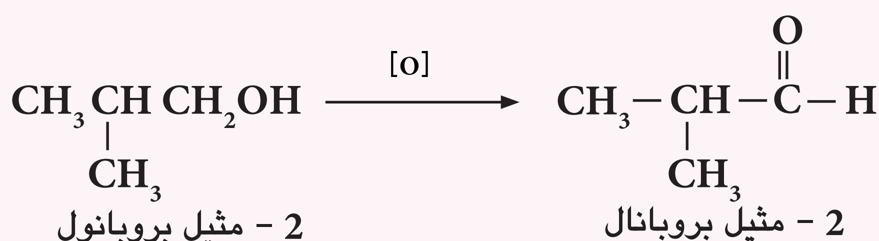
الحــــل

أ) ايثانال

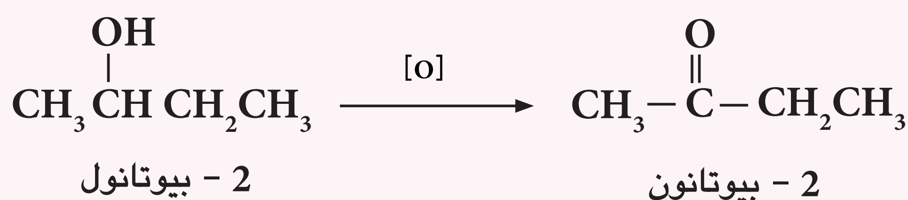


ب) 2 – مثيل بروبانال



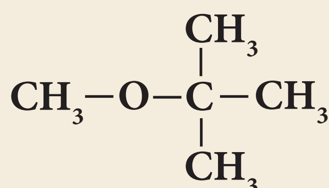


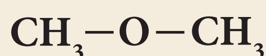
ج) 2 – بيوتانون



تمرين 7–13

أ – اكتب الاسم النظامي لكل من المركبات الاتية:



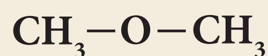


ب – اكتب الصيغة البنائية لكل من المركبات الاتية:

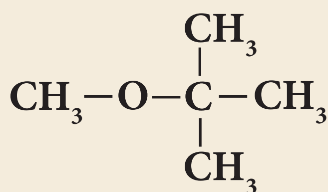
1) 2،2 – ثنائي اثيل ميثوكسي هكسان 2) 2 – كلورو – 2 – مثيل بروبوكسي بنتان

الحــل

أ -



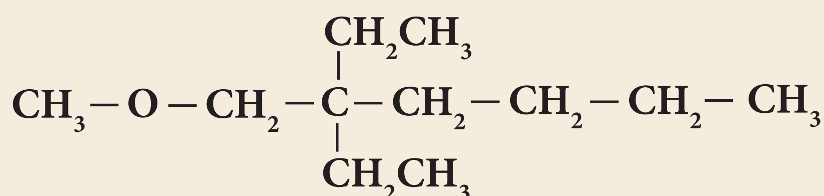
ميثوكسي ميثان



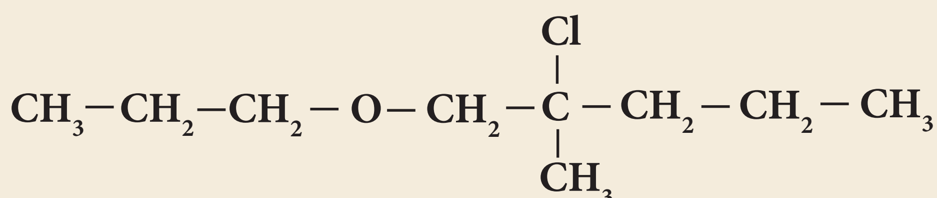
2 - مثيل - 2 - ميثوكسي بروبان

ب -

1 -



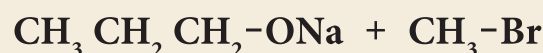
2 -



تمرين 7-14

1 - اكتب معادلة تحضير ايثوكسي بيوتان.

2 - اكمل نواتج المعادلة الاتية:



$CH_3\,CH_2\,CH_2\text{-}ONa\ +\ CH_3\text{-}Br$

بروبوكسيد الصوديوم   برومو ميثان

الحــل

1 -



$CH_3CH_2-OH\ +\ 2Na \longrightarrow CH_3CH_2ONa\ +\ H_2\uparrow$

كحول الايثانول   ايثوكسيد الصوديوم



$$CH_3CH_2ONa + CH_3CH_2CH_2CH_2-Br$$

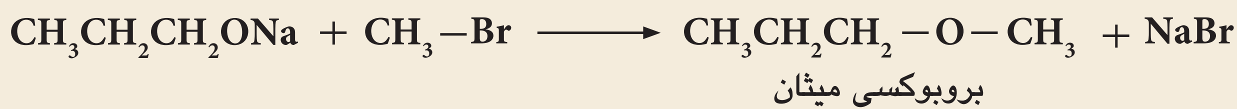
برومو بيوتان



$$CH_3CH_2-O-CH_2CH_2CH_2CH_3 + NaBr$$

ايثوكسي بيوتان

2 -



$$CH_3CH_2CH_2ONa + CH_3-Br \longrightarrow CH_3CH_2CH_2-O-CH_3 + NaBr$$

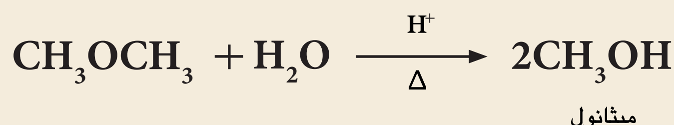
بروبوكسي ميثان

تمرين 7-15

كيف تميز كيميائياً بين ميثوكسي ميثان والايثانْ.

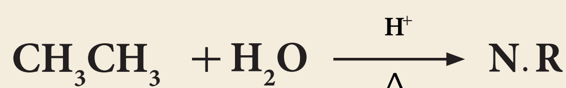
الحل

يتفاعل ميثوكسي ميثان مع حامض الكبريتيك المخفف وبالتسخين يعطي كحولاً بينما لا يتفاعل الايثانْ



$$CH_3OCH_3 + H_2O \xrightarrow[\Delta]{H^+} 2CH_3OH$$

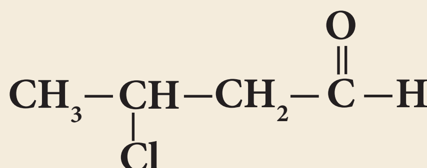
ميثانول



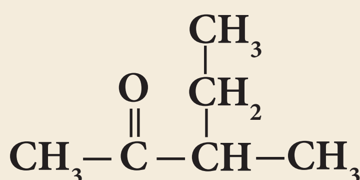
$$CH_3CH_3 + H_2O \xrightarrow[\Delta]{H^+} N.R$$

تمرين 7-16

1 - اكتب الاسم النظامي لكل مما يأتي:



$CH_3-CH(Cl)-CH_2-C(=O)-H$



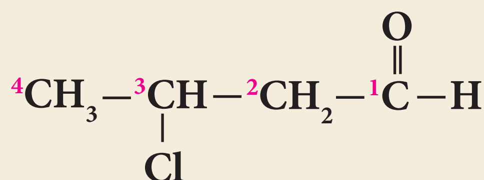
$CH_3-C(=O)-CH(CH_2CH_3)-CH_3$

2 - ارسم الصيغة البنائية لكل مما يأتي:

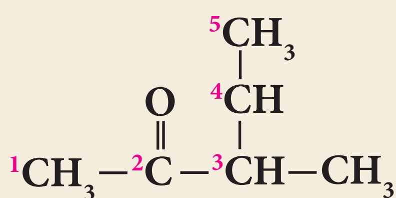
أ) 3 - مثيل بيوتانال ب) 2 - هكسانون

الحـــل

1 -



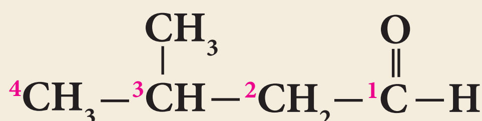
3 - كلورو بيوتانال



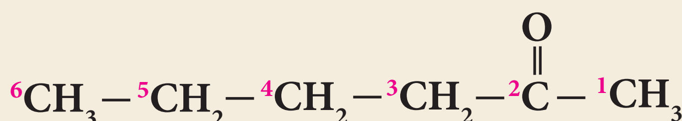
3 - مثيل - 2 - بنتانون

2 -

أ -



ب -



تمرين 7-17

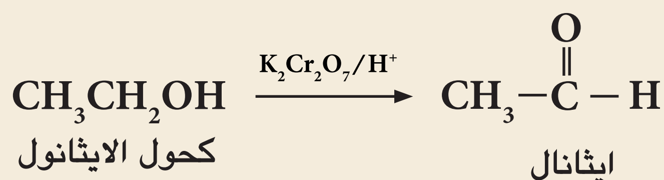
حضر كلاً من المركبات الآتية باستخدام كحول مناسب:

1) ايثانال

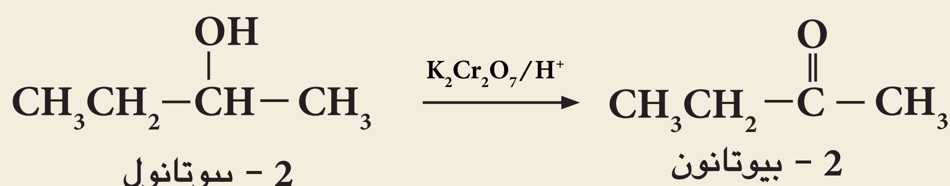
2) 2 - بيوتانون

الحـــل

1 -

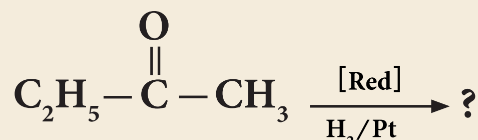


2 -

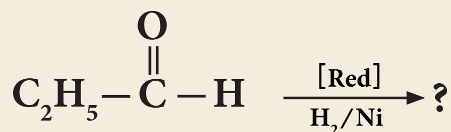


تمرين 7-18

اكمل المعادلتين الاتيتين:

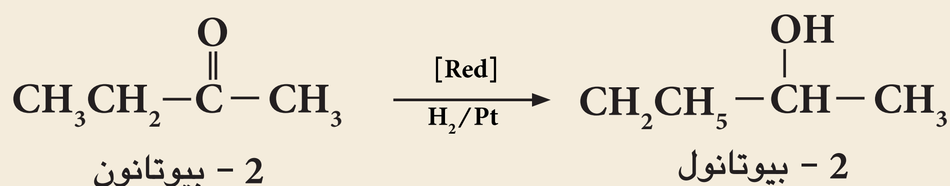


$$C_2H_5-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-CH_3 \xrightarrow[H_2/Pt]{[Red]} ?$$



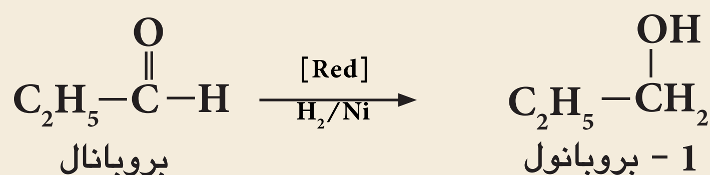
$$C_2H_5-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-H \xrightarrow[H_2/Ni]{[Red]} ?$$

الحل



$$CH_3CH_2-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-CH_3 \xrightarrow[H_2/Pt]{[Red]} CH_3CH_2-\overset{\overset{\displaystyle OH}{|}}{CH}-CH_3$$

2 - بيوتانون   2 - بيوتانول



$$C_2H_5-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-H \xrightarrow[H_2/Ni]{[Red]} C_2H_5-\overset{\overset{\displaystyle OH}{|}}{CH_2}$$

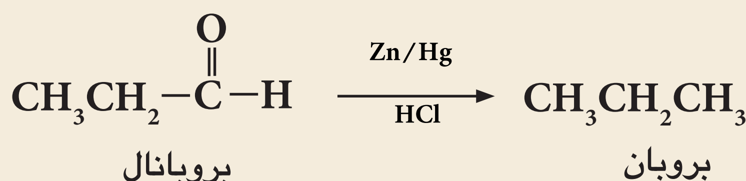
بروبانال   1 - بروبانول

تمرين 7-19

1 - حضر البروبان من البروبانال.

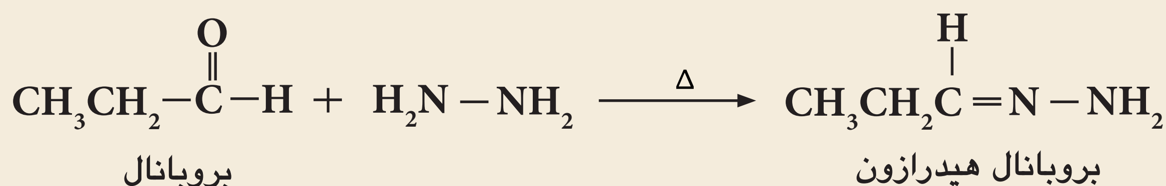
2 - اكتب تفاعل اضافة الهيدرازين الى البروبانال.

الحل



$$CH_3CH_2-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-H \xrightarrow[HCl]{Zn/Hg} CH_3CH_2CH_3$$

بروبانال   بروبان



$$CH_3CH_2-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-H + H_2N-NH_2 \xrightarrow{\Delta} CH_3CH_2\overset{\overset{\displaystyle H}{|}}{C}=N-NH_2$$

بروبانال   بروبانال هيدرازون

تمرين 7-20

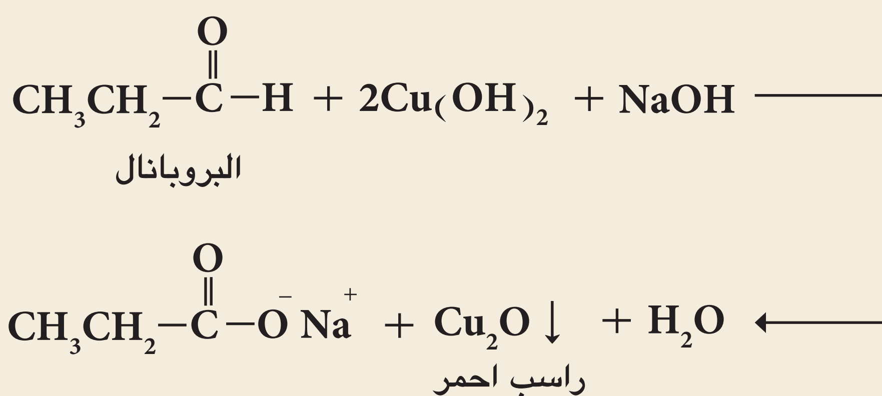
كيف تميز عملياً بين مركب البروبانال والبروبانون باستخدام :

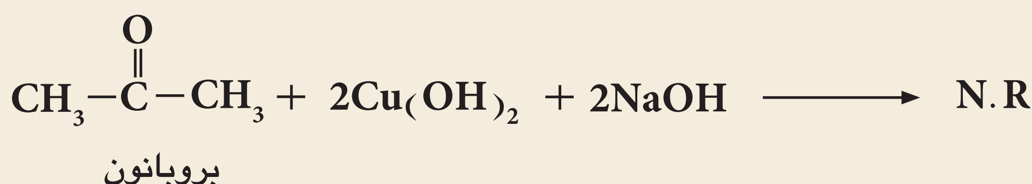
أ - محلول فهلنك.

ب - كاشف تولن.

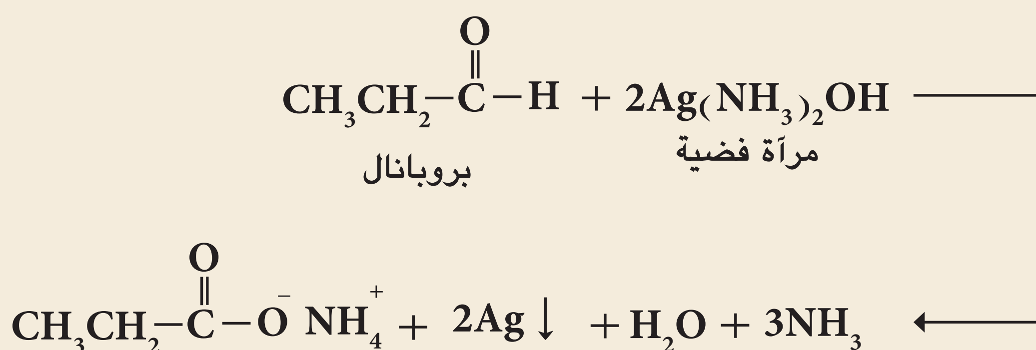
الحل

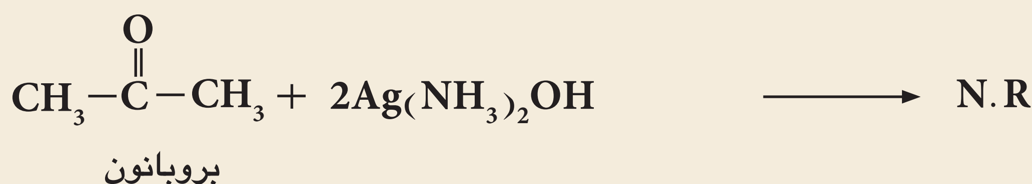
أ -





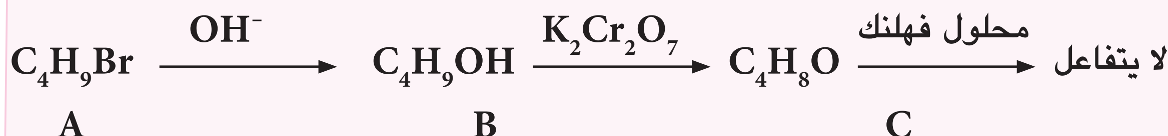
ب -





السؤال 7-16

ادرس مخطط التفاعل الاتي وأجب على الأسئلة التي تليه:



أ) اكتب الصيغ البنائية لكل من : A و B و C

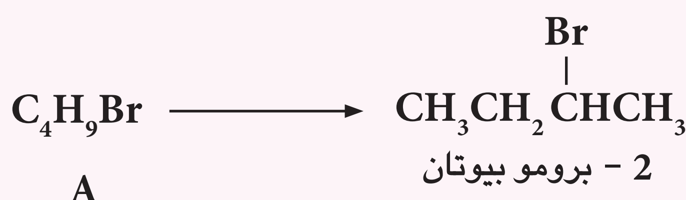
ب) أعط اسماء كل من : A و B و C

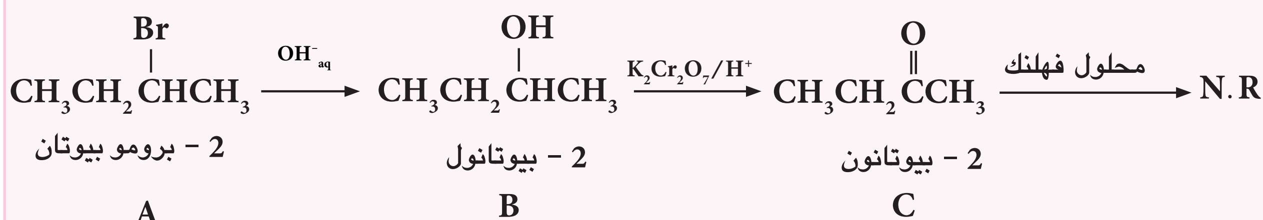
ج) أيهّما درجة غليانْ أعلى C أم B، لماذا؟

د) اكتب صيغة بنائية اخرى للمركب B لا يتأكسد بوساطة $K_2Cr_2O_7$ المحمضة.

الحل

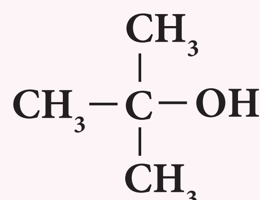
أ و ب





ج – المركب C وهو 2 – بيوتانون، كيتون اما B فهو كحول 2 – بيوتانول والذي يكون اعلى درجة غليانْ بسبب أنهْ يكون اواصر هيدروجينية بينية اما Cفلا .

د – الصيغة البنائية الاخرى للمركب B هو كحول ثالثي لا يتأكسد بواسطة $K_2Cr_2O_7/H^+$ وهو :



السؤال 7-22

يتكون المركب (A) من ثلاث ذرات كاربون، يتأكسد ليعطي المركب (B) وهذا بدوره لا يعطي كشف محلول فهلنك. وعند تفاعل المركب (A) مع فلز الصوديوم ينتج المركب (C)، اما إذا اختزل المركب (B)فأنّه يعطي المركب (A).

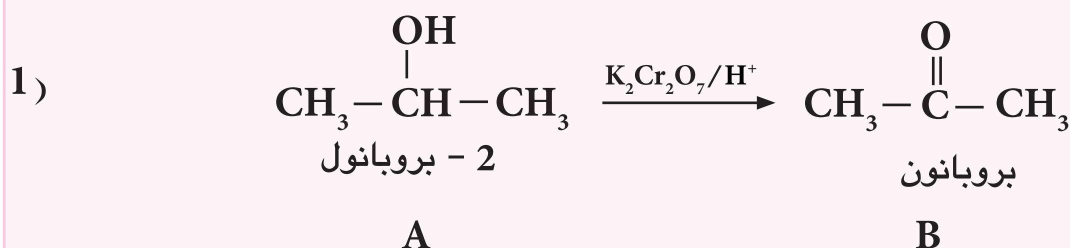
أ) اكتب الصيغ البنائية لكل من : A و B و C

ب) اكتب المعادلات الكيميائية لتكوين المركبات : A و B و C

الحــــل

المركب A هو كحول ثانوي يتأكسد فيعطي كيتون الذي لا يعطي كشف محلول فهلنك، ويتفاعل المركب A مع فلز الصوديوم ليعطي الكوكسيدات، وإذا اختزل الكيتون فأنّه يعطي الكحول A

1)



$$CH_3-CH(OH)-CH_3 \xrightarrow{K_2Cr_2O_7/H^+} CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3$$

2)



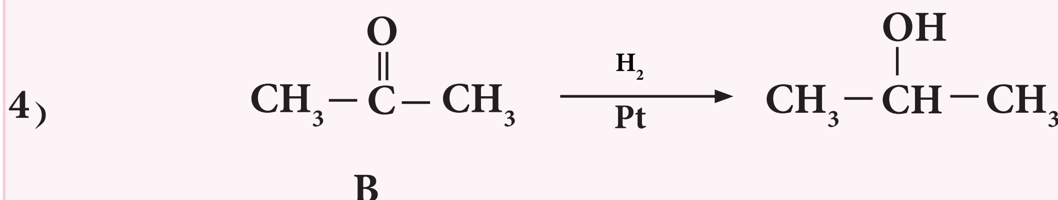
$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3 + 2Cu(OH)_2 + NaOH \longrightarrow N.R$$

3)



$$CH_3-CH(OH)-CH_3 + 2Na \longrightarrow CH_3-CH(ONa)-CH_3 + H_2\uparrow$$

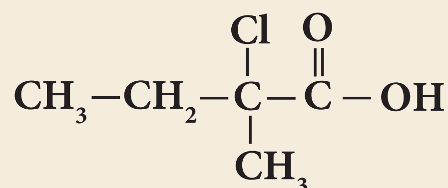
4)



$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3 \xrightarrow[Pt]{H_2} CH_3-CH(OH)-CH_3$$

تمرين 7-21

1 - اكتب الاسم النظامي للمركب



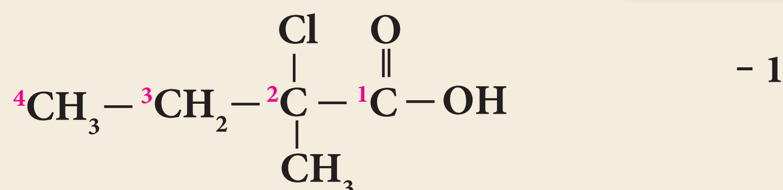
2 - ارسم الصيغة البنائية لكل من المركبات الاتية:

أ) حامض 2 - مثيل بيوتانويك

ب) حامض 3 - كلورو بروبانويك

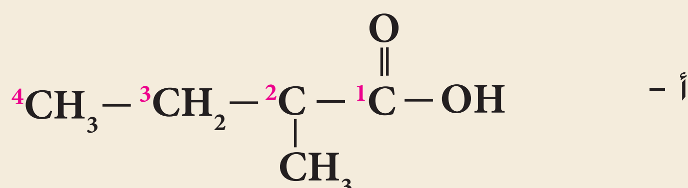
الحـــــل

1 -

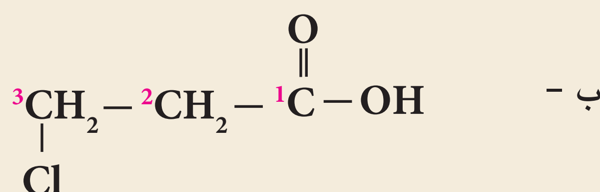


2 - حامض 2 - كلورو - 2 - مثيل بيوتانويك

أ -



ب -



تمرين 7-22

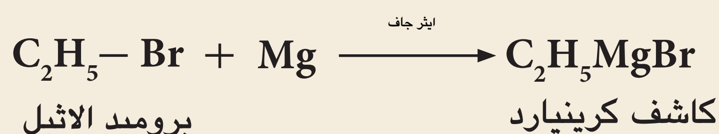
حضر حامض البروبانويك من:

1) بروميد الاثيل

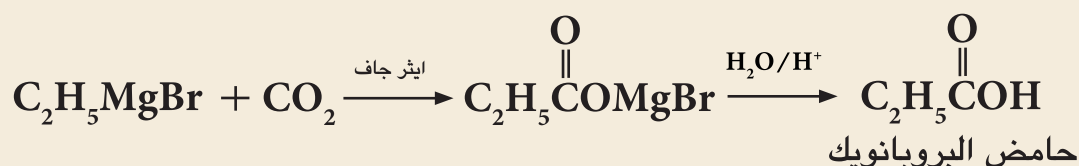
2) البروبانال

الحل

1 -

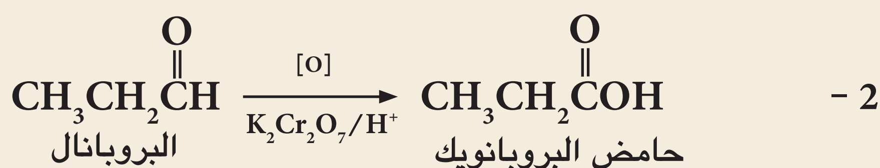


$$C_2H_5-Br + Mg \xrightarrow{\text{ايثر جاف}} C_2H_5MgBr$$



$$C_2H_5MgBr + CO_2 \xrightarrow{\text{ايثر جاف}} C_2H_5\overset{O}{\overset{\|}{C}}OMgBr \xrightarrow{H_2O/H^+} C_2H_5\overset{O}{\overset{\|}{C}}OH$$

2 -

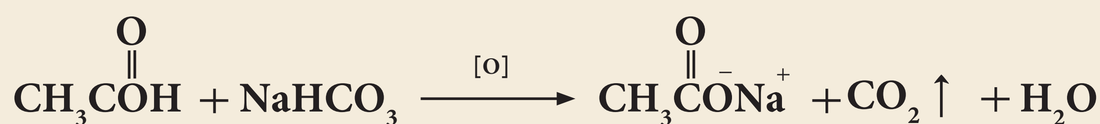


$$CH_3CH_2\overset{O}{\overset{\|}{C}}H \xrightarrow[K_2Cr_2O_7/H^+]{[O]} CH_3CH_2\overset{O}{\overset{\|}{C}}OH$$

تمرين 7-23

اكتب معادلة تفاعل حامض الخليك مع بيكاربونات الصوديوم $NaHCO_3$.

الحل

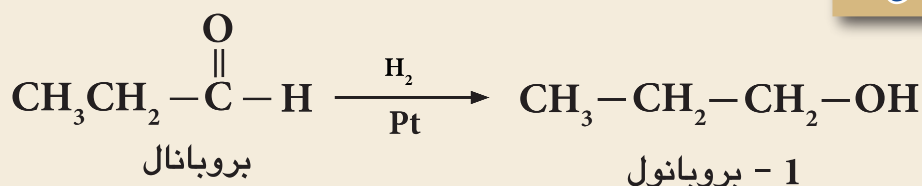


$$CH_3\overset{O}{\overset{\|}{C}}OH + NaHCO_3 \xrightarrow{[O]} CH_3\overset{O}{\overset{\|}{C}}\overset{-}{O}\overset{+}{Na} + CO_2\uparrow + H_2O$$

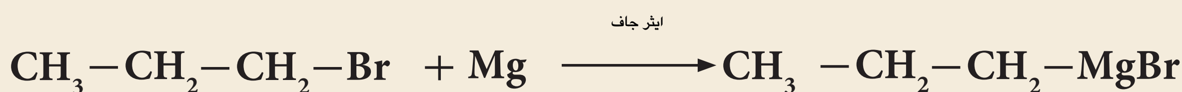
تمرين 7-24

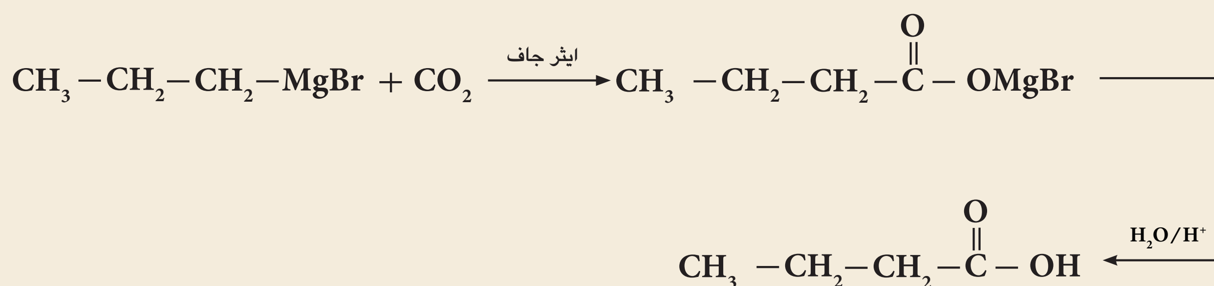
مبتدآ بالبروبانال حضر حامض البيوتانويك؟

الحل





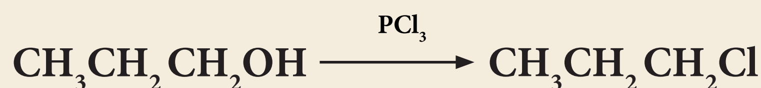




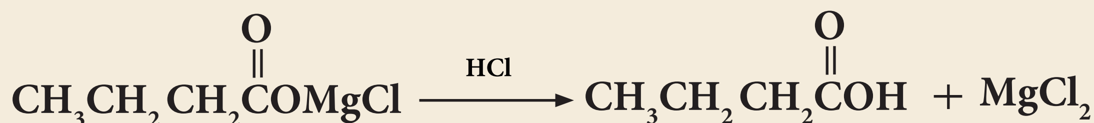
تمرين 7-25

حضر حامض البيوتانويك من كحول البروبانول؟

الحل



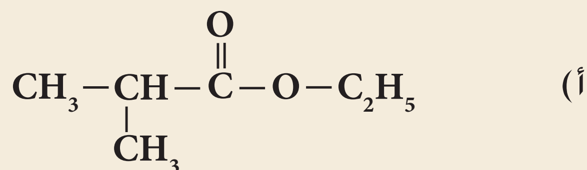




تمرين 7-26

1 - اكتب الاسم النظامي لكل مما يأتي:

أ)



ب)



2 - ارسم الصيغة البنائية للمركب الاتي:

بروبيل - 2،3 - ثنائي مثيل هكسانوات

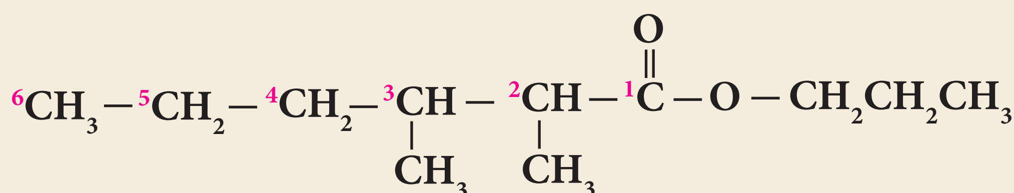
الحـــل

1 -

أ - اثيل - 2 - مثيل بروبانوات

ب - مثيل ميثانوات

2 -



تمرين 7-27

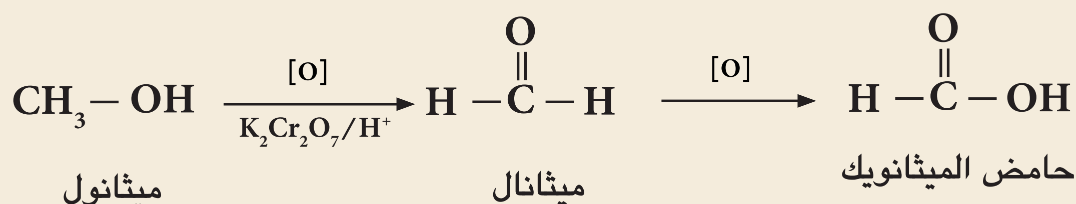
1 - مبتدأ بالميثانول حضر اثيل ايثانوات.

2 - مبتدأ بالايثانول حضر مثيل بروبانوات.

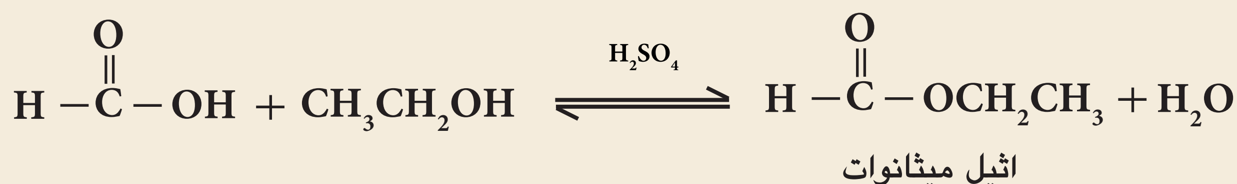
3 - مبتدأ بكلوريد الاستيل حضر اثيل ايثانوات.

الحـــل

1 -

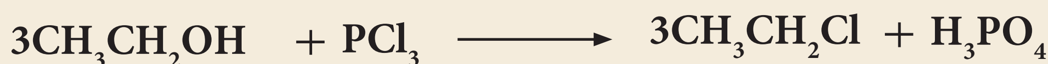


$CH_3-OH \xrightarrow[K_2Cr_2O_7/H^+]{[O]} H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H \xrightarrow{[O]} H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$
ميثانول
ميثانال
حامض الميثانويك

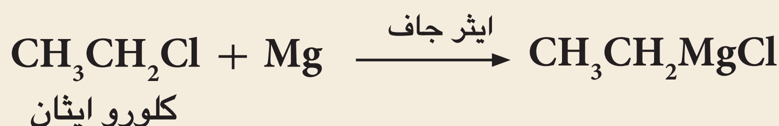


$H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + CH_3CH_2OH \underset{}{\overset{H_2SO_4}{\rightleftharpoons}} H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OCH_2CH_3 + H_2O$
اثيل ميثانوات

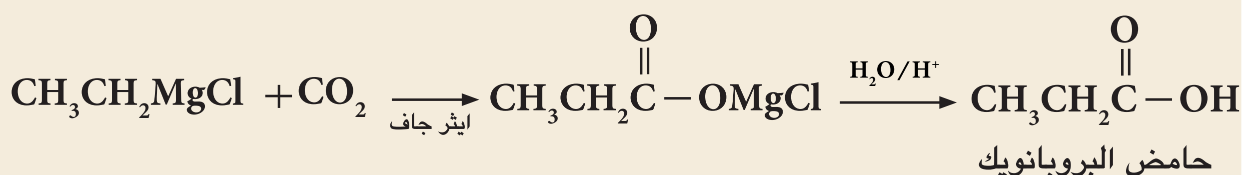
2 -



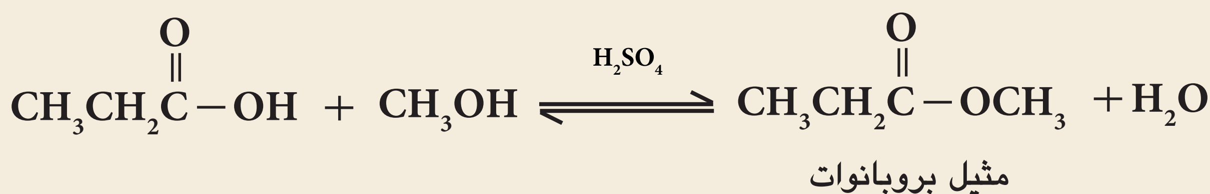
$3CH_3CH_2OH + PCl_3 \longrightarrow 3CH_3CH_2Cl + H_3PO_4$



$CH_3CH_2Cl + Mg \xrightarrow{\text{ايثر جاف}} CH_3CH_2MgCl$
كلورو ايثان

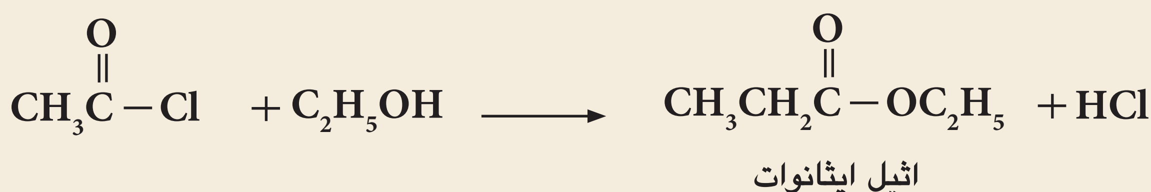


$CH_3CH_2MgCl + CO_2 \xrightarrow[\text{ايثر جاف}]{} CH_3CH_2\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OMgCl \xrightarrow{H_2O/H^+} CH_3CH_2\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$
حامض البروبانويك



$CH_3CH_2\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + CH_3OH \overset{H_2SO_4}{\rightleftharpoons} CH_3CH_2\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OCH_3 + H_2O$
مثيل بروبانوات

3 -

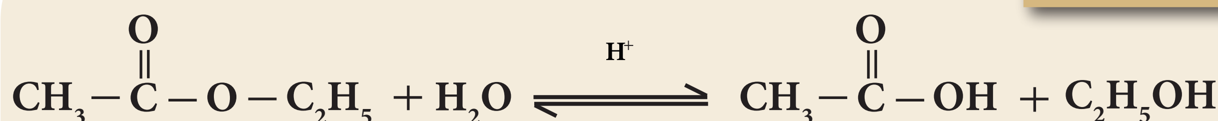


$CH_3\overset{O}{\overset{\|}{C}}-Cl + C_2H_5OH \longrightarrow CH_3CH_2\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OC_2H_5 + HCl$
اثيل ايثانوات

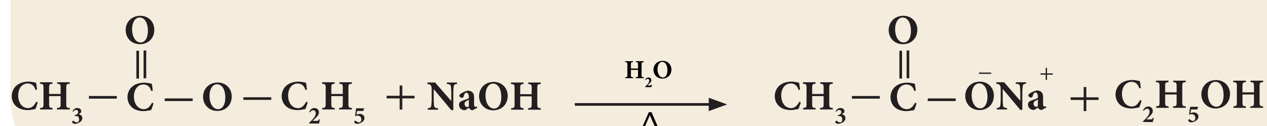
تمرين 7-28

اكتب تفاعلات التحلل المائي لاثيل ميثانوات مرة في وسط حامضي واخرى في وسط قاعدي.

الحل



$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-C_2H_5 + H_2O \underset{}{\overset{H^+}{\rightleftharpoons}} CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH + C_2H_5OH$$



$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-C_2H_5 + NaOH \xrightarrow[\Delta]{H_2O} CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-\overset{-}{O}\overset{+}{Na} + C_2H_5OH$$

السؤال 7-3

اكتب المعادلات الكيميائية التي تمثل تحضير المركبات الآتية من المادة الاولية المذكورة واي مواد اخرى مناسبة :

أ) 1 – بروبانول من 1 – كلورو بروبان .

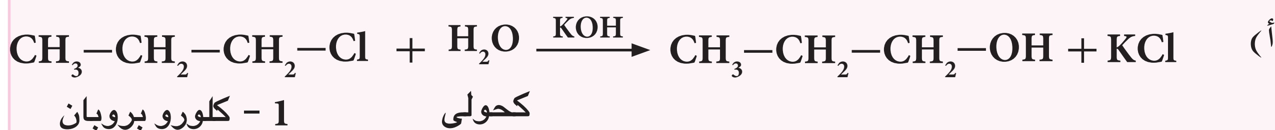
ب) الايثانول من الايثين.

ج) الايثانال من الايثانول .

د) ايثانوات الصوديوم من مثيل ايثانوات

الحل

أ)



$$CH_3-CH_2-CH_2-Cl + H_2O \xrightarrow{KOH} CH_3-CH_2-CH_2-OH + KCl$$

1 - كلورو بروبان ، كحولي

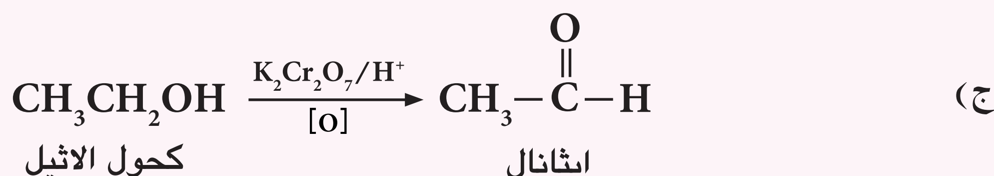
ب)



$$CH_2=CH_2 + H_2O \xrightarrow[\Delta]{H_2SO_4} CH_3CH_2OH$$

ايثين ، كحول الاثيل

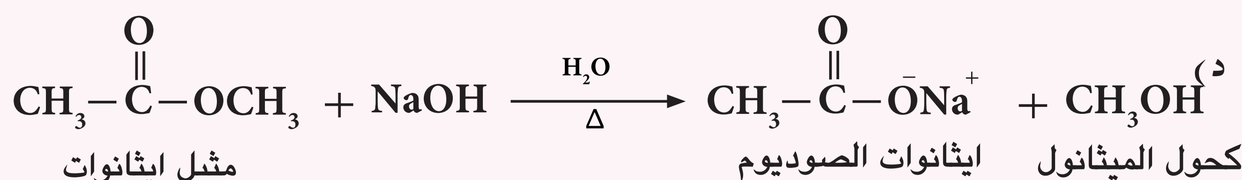
ج)



$$CH_3CH_2OH \xrightarrow[{[O]}]{K_2Cr_2O_7/H^+} CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$$

كحول الاثيل ، ايثانال

د)



$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OCH_3 + NaOH \xrightarrow[\Delta]{H_2O} CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-\overset{-}{O}\overset{+}{Na} + CH_3OH$$

مثيل ايثانوات ، ايثانوات الصوديوم ، كحول الميثانول

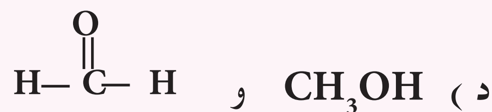
السؤال 7-8

حدد المركب العضوي الاعلى درجة غليأنْ في كل زوج من المركبات الاتية :


أ) CH_3COOH و CH_3CH_2OH


ب) CH_3CH_2OH و CH_3OCH_3


ج) $CH_3CH_2CH_2Br$ و $CH_3CH_2CH_2OH$


د) CH_3OH و $H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$


هـ) CH_3COOH و $CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3$


و) $CH_3-\overset{OH}{\overset{|}{CH}}-CH_3$ و $CH_3-O-CH_2CH_3$

الحــــــل


أ) CH_3COOH


ب) CH_3CH_2OH


ج) $CH_3CH_2CH_2OH$

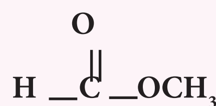

د) CH_3OH

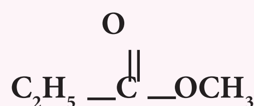

هـ) CH_3COOH

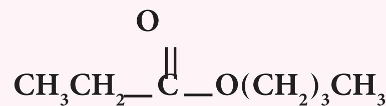

و) $CH_3-\overset{OH}{\overset{|}{CH}}-CH_3$

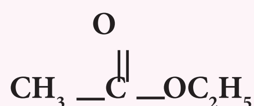
السؤال 7-9

حدد الجزء الاتي من الكحول والجزء الاتي من الحامض الكاربوكسيلي لكل من الاسترات الاتية:









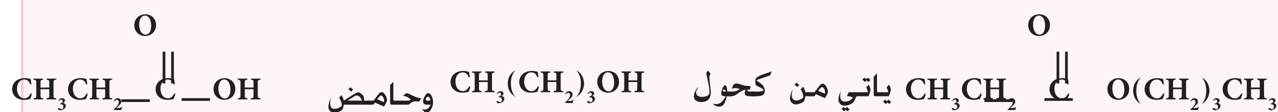
الحـــــل



$C_2H_5-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OCH_3$ ياتي من كحول CH_3OH وحامض $C_2H_5-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH$



$CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OC_2H_5$ ياتي من كحول C_2H_5OH وحامض $CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH$



$CH_3CH_2-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-O(CH_2)_3CH_3$ ياتي من كحول $CH_3(CH_2)_3OH$ وحامض $CH_3CH_2-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH$

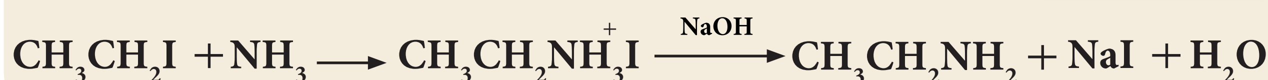


$H-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OCH_3$ ياتي من كحول CH_3OH وحامض $H-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH$

تمرين 7-29

حضر اثيل امين من هاليد الكيل مناسب.

الحـــــل



$$CH_3CH_2I + NH_3 \longrightarrow CH_3CH_2\overset{+}{N}H_3I \xrightarrow{NaOH} CH_3CH_2NH_2 + NaI + H_2O$$

السؤال 7-11

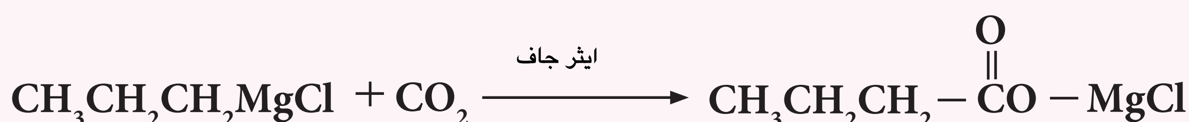
اكتب ممثلاً بالمعادلات تحضير حامض البيوتانويك، باستخدام كاشف كرينيارد وهاليد الكيل مناسب.

الحل

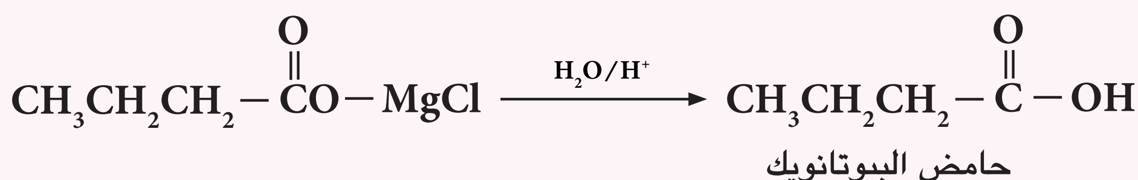
نختار 1 - كلورو بروبان لتحضير كاشف كرينيارد



$$CH_3CH_2CH_2-Cl + Mg \xrightarrow{\text{ايثر جاف}} CH_3CH_2CH_2MgCl$$



$$CH_3CH_2CH_2MgCl + CO_2 \xrightarrow{\text{ايثر جاف}} CH_3CH_2CH_2-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}O-MgCl$$



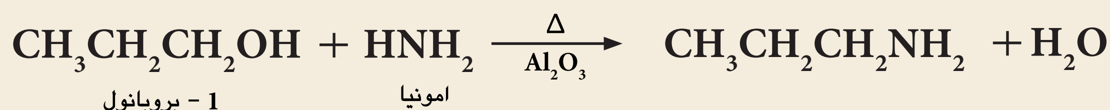
$$CH_3CH_2CH_2-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}O-MgCl \xrightarrow{H_2O/H^+} CH_3CH_2CH_2-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OH$$

حامض البيوتانويك

تمرين 7-30

حضر بروبيل امين باستخدام كحول مناسب.

الحل



$$\underset{\text{1 - بروبانول}}{CH_3CH_2CH_2OH} + \underset{\text{امونيا}}{HNH_2} \xrightarrow[Al_2O_3]{\Delta} CH_3CH_2CH_2NH_2 + H_2O$$

السؤال 7-12

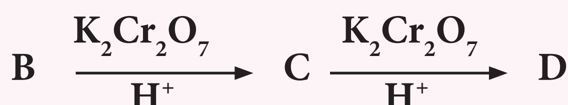
فيما يأتي سلسلة من التفاعلات التي تبدأ بالايثين $CH_2=CH_2$ ، اكتب الصيغ البنائية لكل من النواتج العضوية بدءاً من A الى E :



$$CH_2=CH_2 + HCl \longrightarrow A$$



$$A + KOH \xrightarrow{H_2O} B$$

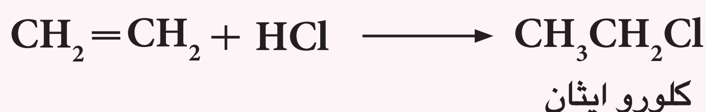


$$B \xrightarrow[H^+]{K_2Cr_2O_7} C \xrightarrow[H^+]{K_2Cr_2O_7} D$$



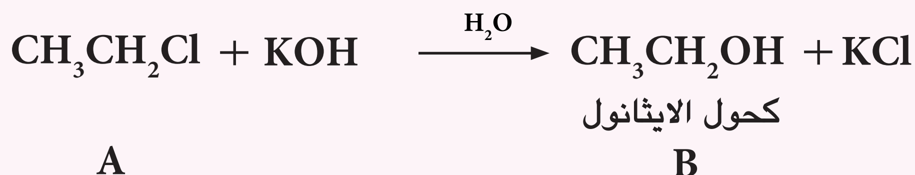
$$D + NaHCO_3 \longrightarrow E + CO_2 + H_2O$$

الحـــل



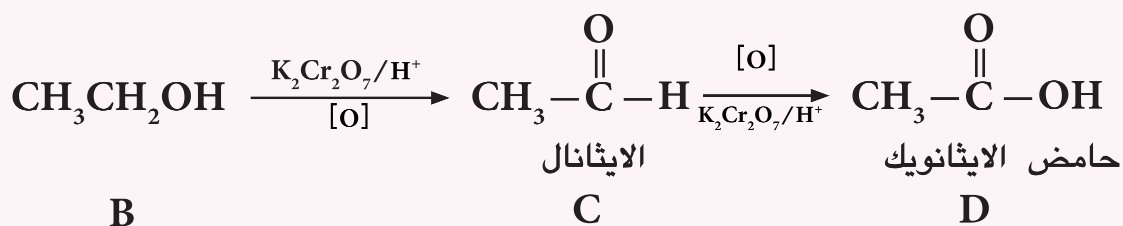
$$CH_2=CH_2 + HCl \longrightarrow CH_3CH_2Cl$$

كلورو ايثان



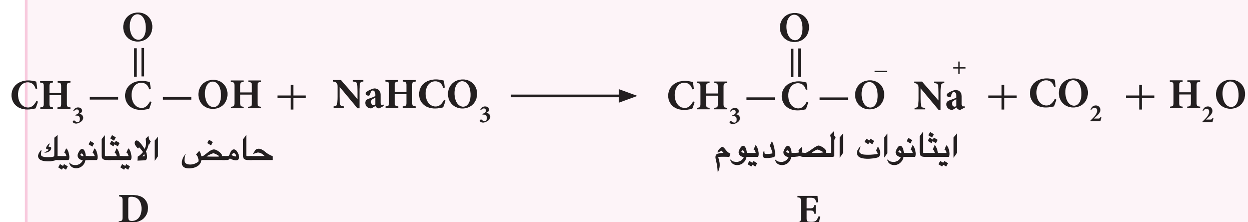
$$CH_3CH_2Cl + KOH \xrightarrow{H_2O} CH_3CH_2OH + KCl$$

A كحول الايثانول B



$$CH_3CH_2OH \xrightarrow[{[O]}]{K_2Cr_2O_7/H^+} CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H \xrightarrow[K_2Cr_2O_7/H^+]{[O]} CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$$

B — الايثانال C — حامض الايثانويك D



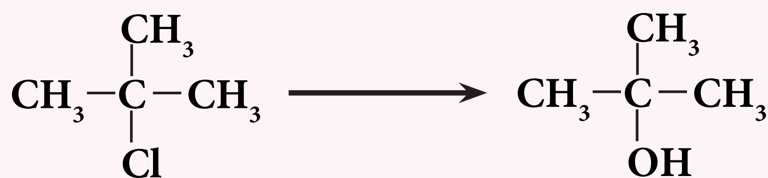
$$CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + NaHCO_3 \longrightarrow CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\overset{-}{O}\ \overset{+}{Na} + CO_2 + H_2O$$

حامض الايثانويك D — ايثانوات الصوديوم E

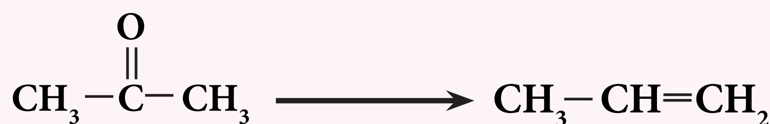
السؤال 7-14

وضح بمعادلات كيميائية، كيف تحدث التحولات الاتية:

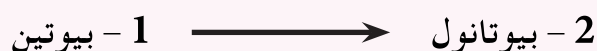
أ)



ب)

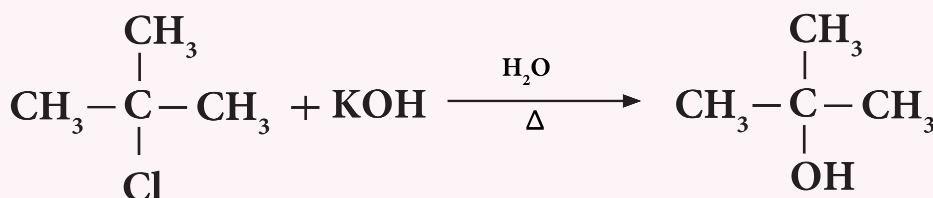


ج)

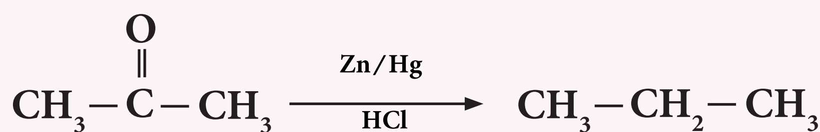


الحــــل

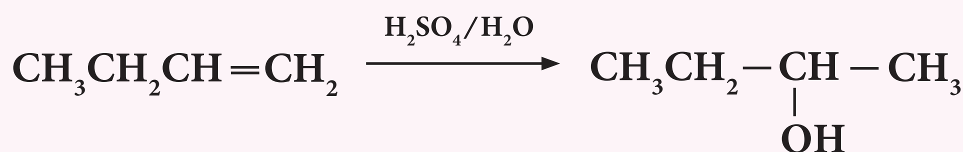
أ)



ب)



ج)



السؤال 7-18

اكتب معادلات كيميائية تبين تحضير المواد الاتية، مبتدأً من الايثانول وأي مواد غير عضوية او عضوية مناسبة.

أ) حامض الايثانويك CH_3COOH

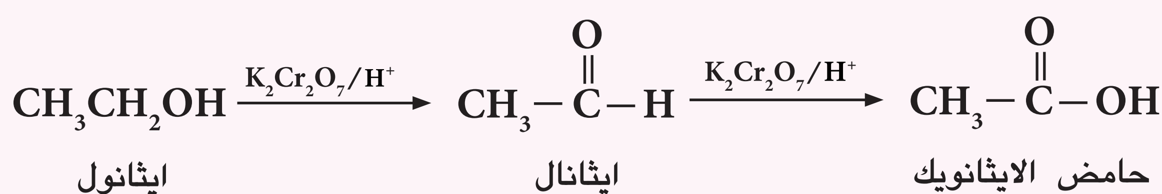
ب) اثيل ايثانوات $CH_3COOCH_2CH_3$

ج) كلورو ايثان CH_3CH_2Cl

د) اثيل كلوريد المغنيسيوم CH_3CH_2MgCl

الحـــل

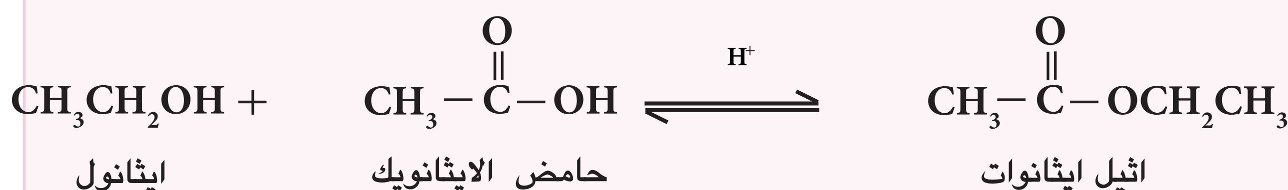
أ)



$$CH_3CH_2OH \xrightarrow{K_2Cr_2O_7/H^+} CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H \xrightarrow{K_2Cr_2O_7/H^+} CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$$

ايثانول، ايثانال، حامض الايثانويك

ب)



$$CH_3CH_2OH + CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH \underset{}{\overset{H^+}{\rightleftharpoons}} CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OCH_2CH_3$$

ايثانول، حامض الايثانويك، اثيل ايثانوات

ج)



$$3CH_3CH_2OH + PCl_3 \longrightarrow 3CH_3CH_2Cl + H_3PO_3$$

ايثانول، كلورو ايثان

د)



$$3CH_3CH_2OH + PCl_3 \longrightarrow 3CH_3CH_2Cl + H_3PO_3$$

ايثانول، كلورو ايثان



$$CH_3CH_2Cl + Mg \xrightarrow{\text{ايثر جاف}} CH_3CH_2MgCl$$

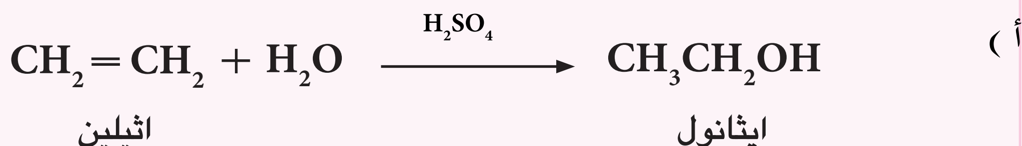
السؤال 7-19

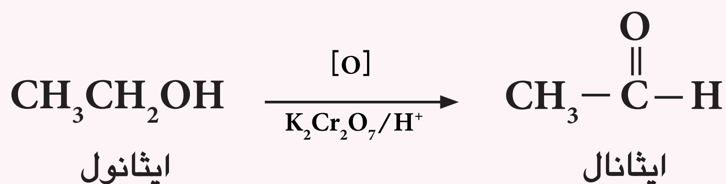
مبتدأً من الاثيلين $CH_2 = CH_2$ بين بالمعادلات تحضير كل من:

أ) الايثانال ب) اثيل كلوريد المغنيسيوم ج) اثيل هكسانوات

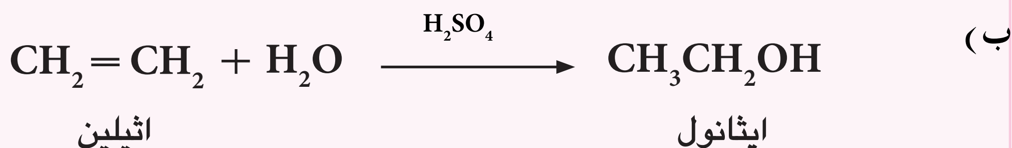
الحل

أ)

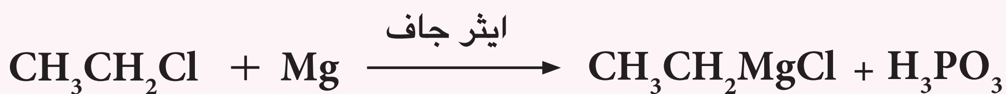




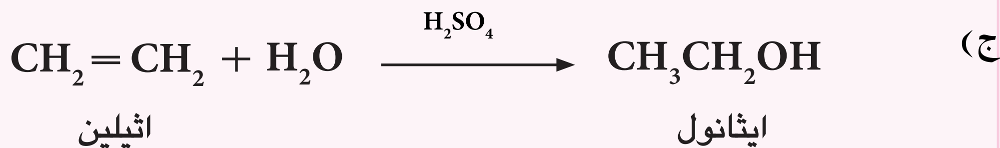
ب)

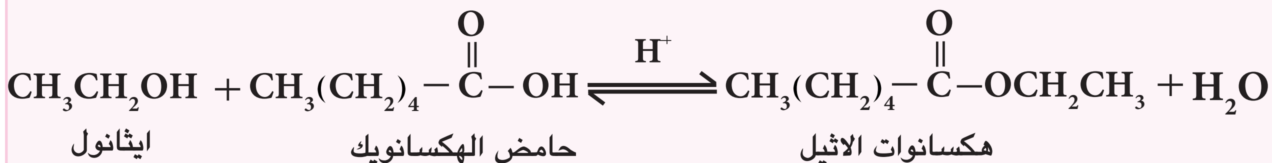






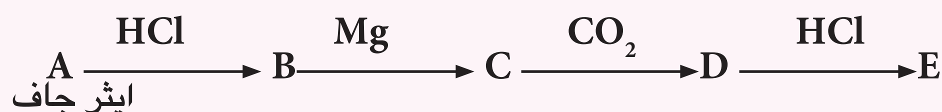
ج)



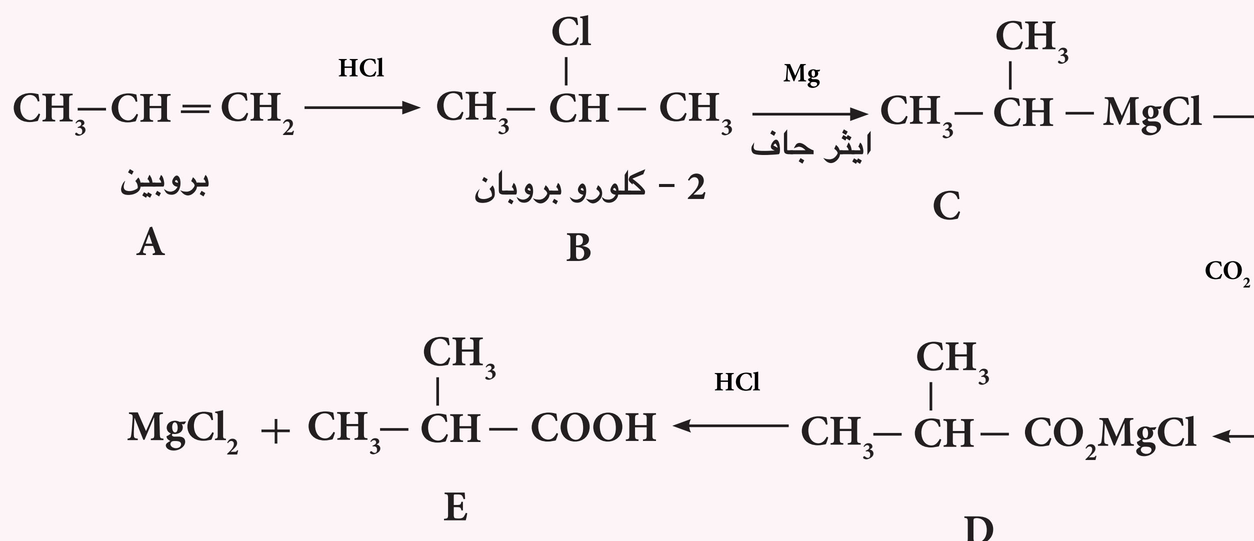


السؤال 7-20

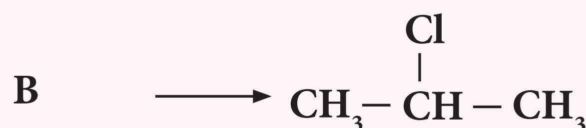
استنتج الصيغ البنائية للمركبات العضوية A , B , C , D , E في مخطط التفاعلات الآتية إذا علمت أنْ اي مركب عضوي يحوي على ثلاث ذرات كاربون :

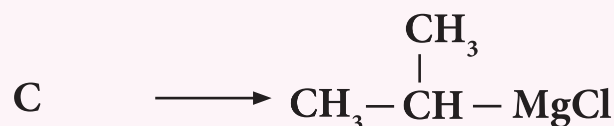


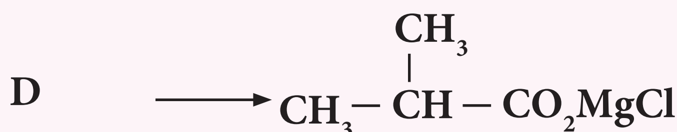
الحل

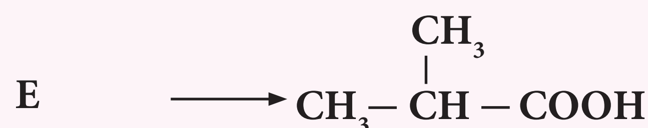


A 

B 

C 

D 

E 

السؤال 7-21

مركب عضوي A يحتوي على ذرتي كاربون، يتفاعل مع فلز الصوديوم مطلقاً غاز الهيدروجين، ولدى اكسدته كلياً بوجود دايكرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ في وسط حامضي تكون المركب العضوي B، فوجد أنْ محلول المركب B يغير لون ورقة زهرة الشمس الى الاحمر، كما أنْه يتفاعل مع $NaHCO_3$ مطلقاً غاز CO_2، لدى تسخين مزيج من المركبين (A و B) بوجود قطرات من حامض مركز قوي، تكون المركب العضوي C المتميز برائحته العطرة.

أ) اكتب الصيغ البنائية لكل من المركبات A و B و C

ب) اكتب معادلات التفاعل الحاصلة.

الحـــل

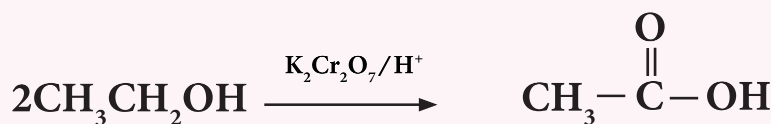
المركب العضوي A يتفاعل مع فلز الصوديوم Na ويمكن اكسدته بالعامل المؤكسد لذا فهو كحول وحسب المعادلة فيعطي ايثوكسيد الصوديوم



$$2CH_3CH_2OH \longrightarrow CH_3CH_2\bar{O}Na^+ + H_2\uparrow$$

A كحول الايثانول — ايثوكسيد الصوديوم

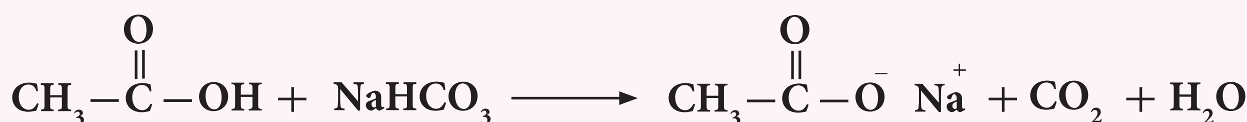
عند اكسدته اكسدة تامة يعطي حامض الايثانويك الذي يغير لون زهرة الشمس الى الاحمر



$$2CH_3CH_2OH \xrightarrow{K_2Cr_2O_7/H^+} CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$$

كحول الايثانول — حامض الايثانويك B

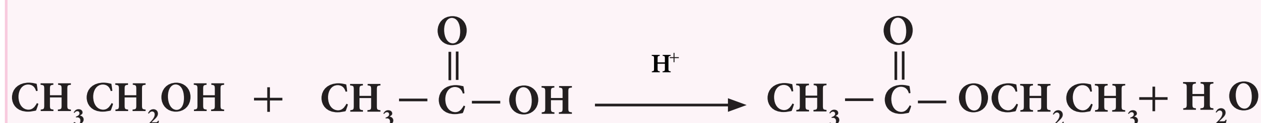
والمركب B يتفاعل مع $NaHCO_3$ ليعطي ملح الحامض



$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH + NaHCO_3 \longrightarrow CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-\bar{O}\ Na^+ + CO_2 + H_2O$$

حامض البيوتانويك — ايثانوات الصوديوم

ويتفاعل كل من المركب A والمركب B، كحول وحامض ليعطي الاستر المقابل C ذا الرائحة العطرة

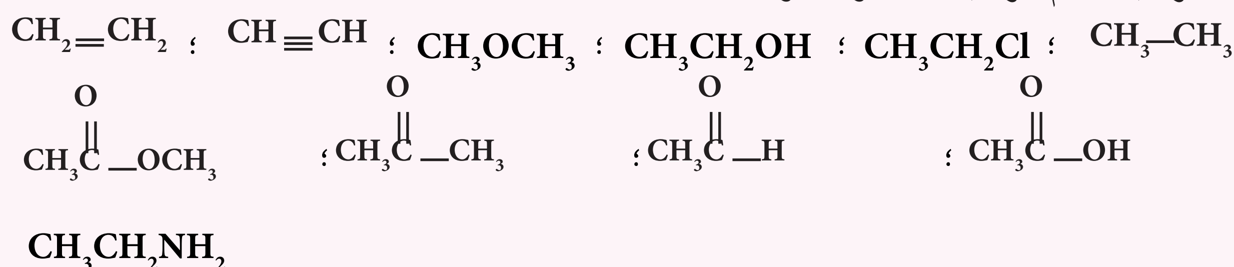


$$CH_3CH_2OH + CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH \xrightarrow{H^+} CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OCH_2CH_3 + H_2O$$

اثيل ايثانوات

السؤال 7-1

نظم جدولاً يتضمن المعلومات الاتية حول كل من المركبات المبينة في ادناه ومنها العائلة التي ينتمي اليها المركب ، اسم المركب ، المجموعة الوظيفية .



$CH_2{=}CH_2$ ؛ $CH{\equiv}CH$ ؛ CH_3OCH_3 ؛ CH_3CH_2OH ؛ CH_3CH_2Cl ؛ $CH_3{-}CH_3$

$CH_3\overset{O}{\overset{\|}{C}}{-}OCH_3$ ؛ $CH_3\overset{O}{\overset{\|}{C}}{-}CH_3$ ؛ $CH_3\overset{O}{\overset{\|}{C}}{-}H$ ؛ $CH_3\overset{O}{\overset{\|}{C}}{-}OH$

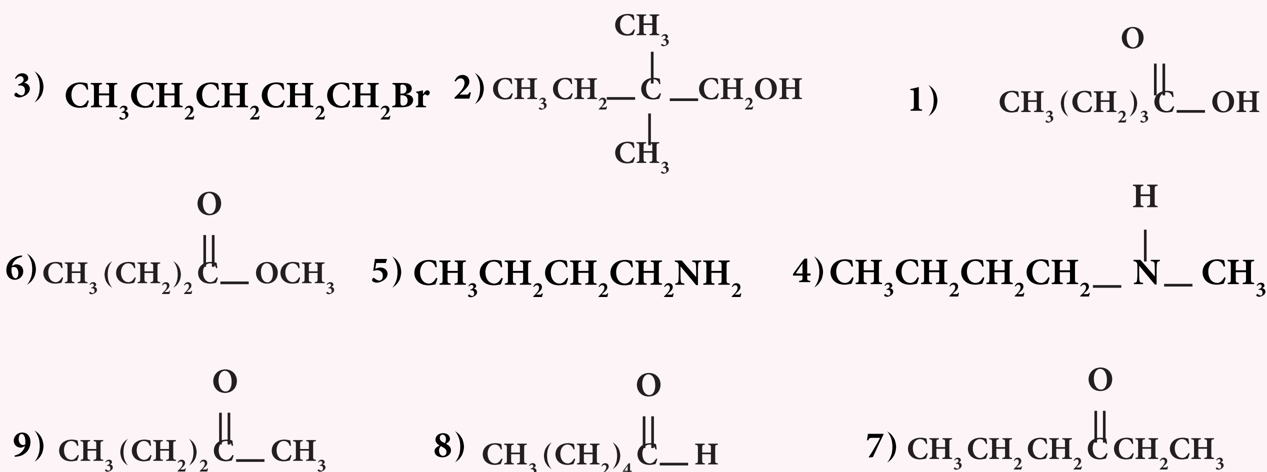
$CH_3CH_2NH_2$

الحــــل

المركب	العائلة	اسم المركب	المجموعة الوظيفية
$CH_2{=}CH_2$	الكين	ايثين	الاصرة المزدوجة
$CH{\equiv}CH$	الكاين	ايثاين	الاصرة الثلاثية
CH_3OCH_3	ايثر	ميثوكسي ميثان	$C{-}O{-}C$
CH_3CH_2OH	كحول	الايثانول	$-OH$
CH_3CH_2Cl	هاليد الكيل	كلورو ايثان	$C{-}Cl$
$CH_3{-}CH_3$	الكأنْ	ايثأنْ	لا يوجد
$CH_3{-}\overset{O}{\overset{\|}{C}}{-}OCH_3$	استر	مثيل ايثانوات	$-\overset{O}{\overset{\|}{C}}{-}O{-}$
$CH_3{-}\overset{O}{\overset{\|}{C}}{-}H$	الديهايد	ايثانال (اسيتالديهايد)	$-\overset{O}{\overset{\|}{C}}{-}H$
$CH_3{-}\overset{O}{\overset{\|}{C}}{-}CH_3$	كيتون	بروبانون - 2 (اسيتون)	$-\overset{O}{\overset{\|}{C}}{-}$
$CH_3{-}\overset{O}{\overset{\|}{C}}{-}OH$	حامض كاربوكسيأتي	حامض الايثانويك (حامض الخليك)	$-\overset{O}{\overset{\|}{C}}{-}OH$
$CH_3CH_2NH_2$	امين	اثيل امين	$-NH_2$

السؤال 7-5

اعط اسماء المركبات العضوية الآتية وفقاً لنظام ايوباك؟



الحــــل

1) حامض البنتأنْويك
2) 2،2 - ثنائي مثيل - 1 - بيوتانول
3) 1 - برومو بنتان
4) مثيل امين بيوتيل
5) 1 - امينو بيوتان
6) مثيل بيوتانوات
7) 3 - هكسانون
8) هكسانال
9) 2 - بنتانون

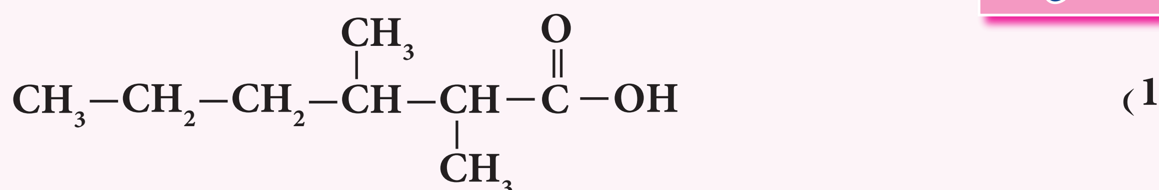
السؤال 7-6

ما الصيغة البنائية للمركبات العضوية الاتية:

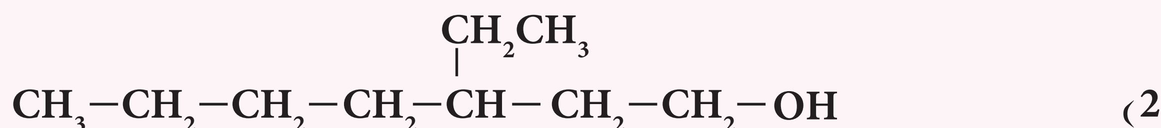
1) حامض 2،3 - ثنائي مثيل الهكسانويك
2) 3 - اثيل هبتأنْول
3) 2 - مثيل - 2 - بنتانول
4) 3 - كلورو هكسان
5) ثنائي بيوتيل ايثر
6) بيوتيل بيوتانوات
7) 3 - مثيل - 4 - هبتانون
8) 3 - اثيل - 2 - امينوهكسان
9) 2 - امينو - 2 - مثيل بيوتان
10) حامض - 3 - مثيل بنتانويك

الحــــل

1)



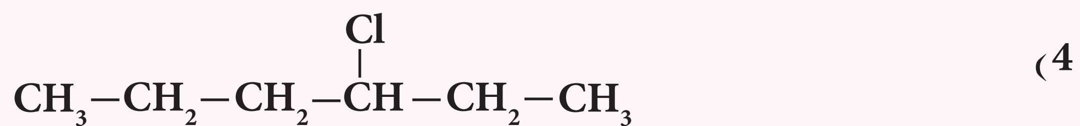
2)



3)



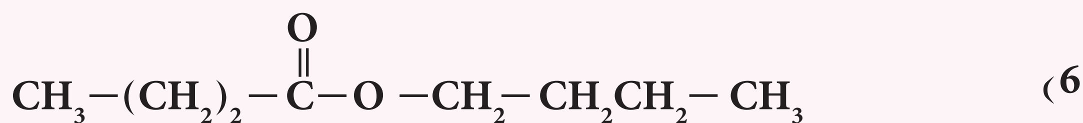
4)



5)



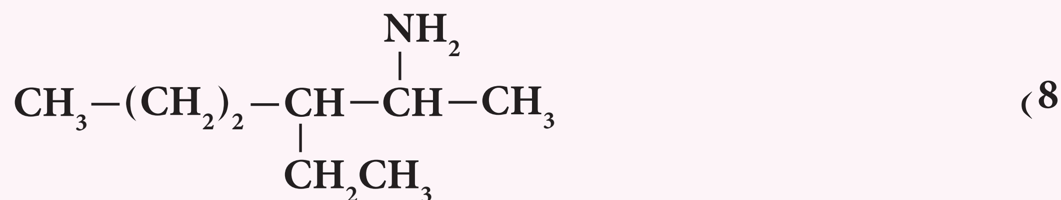
6)



7)



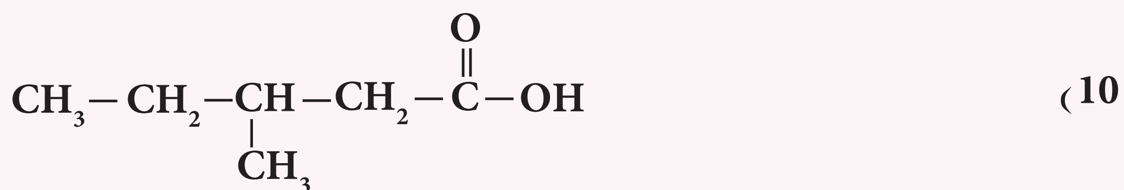
8)



9)



10)



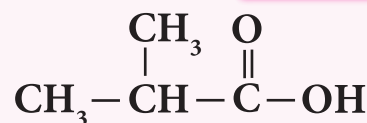
السؤال 7-7

اكتب بعض الصيغ البنائية المحتملة جميعها لكل من المركبات الاتية مع تبيأنْ المجموعة الوظيفية فيها واكتب اسمائها حسب نظام ايوباك: C_4H_9OH C_2H_7N C_4H_8O $C_4H_8O_2$

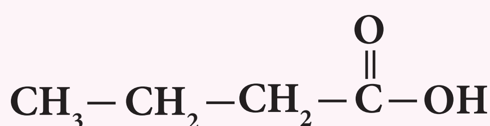
(معلومة: يمكن للطالب عند حل هذا السؤال الاستعأنْة بالمعلومات التي تعلمها في الفقرة (7 - 1).

الحل

حامض كاربوكسيلي او استر $C_4H_8O_2$

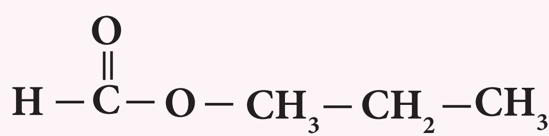


حامض 2 - مثيل بروبانويك

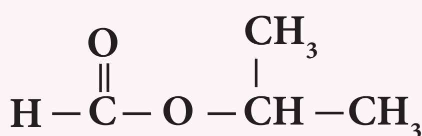


حامض بيوتانويك

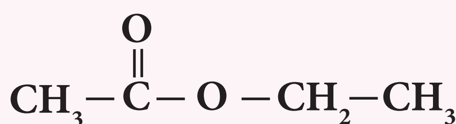
استر $C_4H_8O_2$



ميثانوات البروبيل

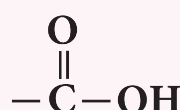


ميثانوات الايزوبروبيل

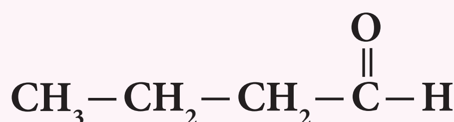


ايثانوات الاثيل

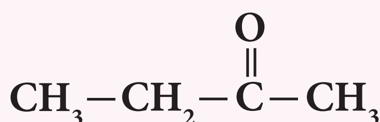
المجموعة الوظيفية



الديهايد او كيتون C_4H_8O

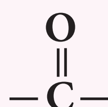


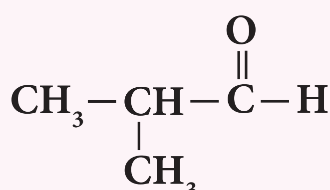
بيوتانال



2 - بيوتانون

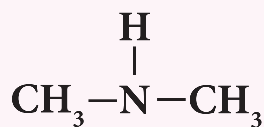
المجموعة الوظيفية مجموعة الكاربونيل





2 - مثيل بروبانال

امين C_2H_7N



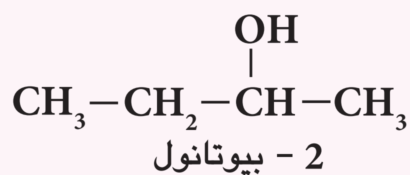
ثنائي مثيل امين



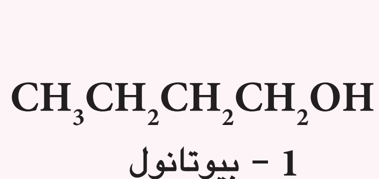
اثيل امين

المجموعة الوظيفية NH_2

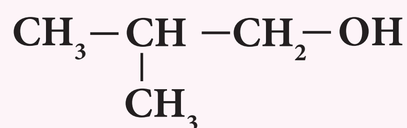
كحول C_4H_9OH



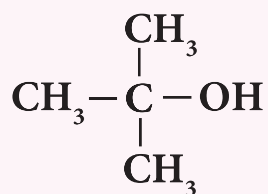
2 - بيوتانول



1 - بيوتانول



2 - مثيل - 1 - بروبانول



2 - مثيل - 2 - بروبانول

المجموعة و الوظيفية $-OH$

السؤال 7-10

اختر الاجابة الصحيحة فيما يأتي:

1 - عند تسخين الايثانول CH_3CH_2OH مع حامض الكبريتيك المركز ينتج المركب العضوي:

أ) $CH_3\overset{O}{\overset{||}{C}}-H$ ب) $CH_2=CH_2$ ج) CH_3COOH د) CH_3-CH_3

2 - المركب الناتج من اكسدة المركب 2 - بروبانول باستخدام $K_2Cr_2O_7$ في وسط حامضي هو:

أ) بروبانال ب) بروبانون ج) بروبين د) حامض البروبانويك

3 - عند اختزال البروبانال بوساطة H_2 وبوجود Ni فأنْ المركب الناتج:

أ) حامض البروبانويك ب) 1 - بروبانول ج) 2 - بروبانول د) بروبانون

4 - الغاز الناتج من تفاعل فلز الصوديوم مع كحول الايثانول:

أ) CO_2 ب) O_2 ج) CO د) H_2

5 - عند اضافة ملغم (الزئبق - خارصين) الى الايثانال بوجود حامض HCl ينتج:

أ) كحول اولي ب) كحول ثأنْوي ج) كحول ثالثي د) الكأنْ

6 - الغاز الناتج من تفاعل حامض الايثانويك مع كاربونات الصوديوم الهيدروجينية هو:

أ) H_2 ب) CO_2 ج) O_2 د) CO

7 - يستخدم كاشف لوكاس (اللامائي $HCl/ZnCl_2$) للتمييز بين:

أ) الكحولات الاولية والثأنْوية والثالثية.

ب) الالديهايدات والكيتونات.

ج) الامينات الاولية والثأنْوية.

8 - عدد الصيغ البنائية المحتملة للمركب $C_3H_6Br_2$ هو:

أ) 2 ب) 3 ج) 4 د) 5

9 - يمكن أنْ تتكون اواصر هيدروجينية ضمنية بين المادة الاتية:

أ) 2 - بروبانون ب) بروبانال ج) ثلاثي مثيل امين د) 2 - مثيل - 2 - بروبانول

10 - تتكون المرآة الفضية نتيجة مفاعلة محلول هيدروكسيد الفضة الامونياكي $Ag(NH_3)_2OH$ لاحد المركبات الاتية وهو ما يدعى كاشف تولن .

أ) كيتون   ب) الديهايد   ج) كحول ثالثي   د) الكأنْ

11 - اي من المركبات الاتية تتفاعل مع محلول فهلنك:

أ)



ب)



ج)



د)



12 - نوع التفاعل الذي يحول البروبانون الى 2 - بروبانول يسمى تفاعل:

أ) تأكسد   ب) حذف   ج) اختزال   د) استبدال

الحـــل

1 - (ب)

2 - (ب)

3 - (ب)

4 - (د)

5 - (د)

6 - (ب)

7 - (أ)

8 - (ج)

9 - (ب)

10 - (ب)

11 - (ب)

12 - (ج)

السؤال 7-13

كيف تميز مختبرياً بين كل زوج من المركبات الاتية :

1) بروبانال و بروبانون

2) بيوتانال و حامض البيوتانويك

3) الايثانول و حامض الايثانويك

4) 1 - بنتانول و بنتان

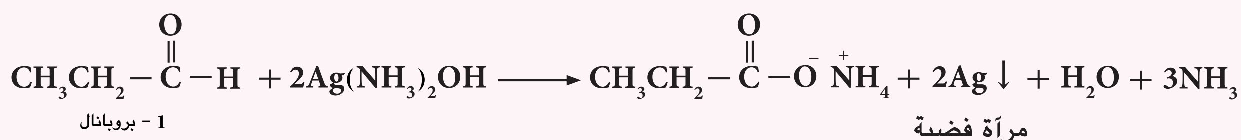
5) 2 - مثيل - 2 - بروبانول و 1 - بروبانول

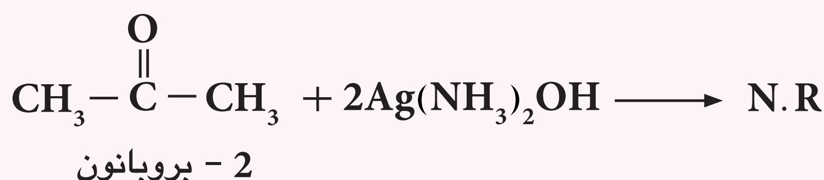
6) اثيل امين و الايثأنْ

الحـــل

1) بروبانال و 2 - بروبانون

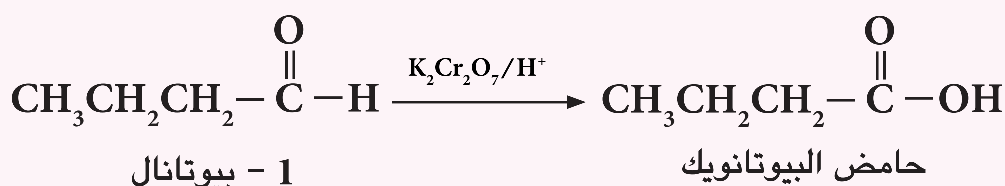
نستخدم كاشف تولن (هيدروكسيد الفضة الامونياكي) للتمييز بينهما حيث يتفاعل 1 - بروبانال لكونه الديهايد يحوي هيدروجين حامضية فيكون مرآة الفضة، اما البروبانون فهو كيتون لا يعطي هذا الكشف

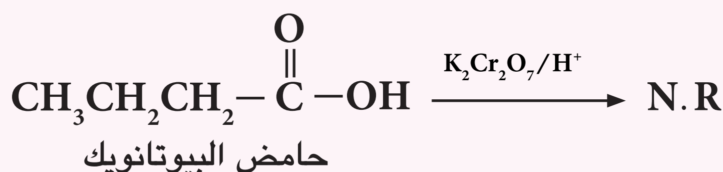




2) بيوتانال وحامض البيوتانويك

البيوتانال الديهايد يمكن اكسدته الى الحامض البيوتانويك اما الحامض فلا





3) الايثانول وحامض الايثانويك



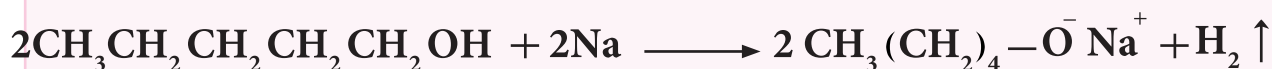
$$CH_3CH_2OH + HCl \xrightarrow{ZnCl_2} CH_3CH_2Cl + H_2O$$



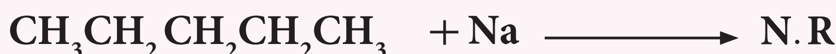
$$CH_3COOH + HCl \xrightarrow{ZnCl_2} N.R$$

4) 1 - بنتانول وبنتأنْ

أنْ 1 - بنتانول كحول، والكحولات تتفاعل مع الفلزات مثل Na فتعطي الكوكسيدات وتحرر غاز H_2 بشكل فقاعات لكن البنتأنْ وهو الكأنْ يكون غير فعال فلا يتفاعل ولا يحرر غاز الهيدروجين .



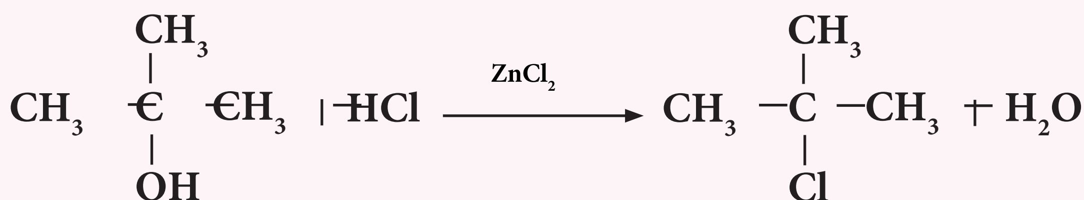
$$2CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2OH + 2Na \longrightarrow 2\,CH_3(CH_2)_4-\bar{O}\,\overset{+}{Na} + H_2\uparrow$$



$$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3 + Na \longrightarrow N.R$$

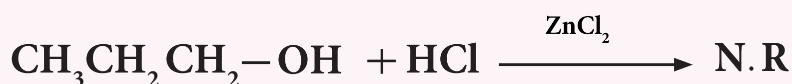
5) 2 - مثيل - 2 -بروبانول و 1 - بروبانول

أنْ المركب 2 - مثيل - 2 - بروبانول عبارة عن كحول ثالثي يتفاعل مع كاشف لوكاس ليعطي طبقة من هاليد الالكيل بعد مرور 2 - 5 دقائق. اما 1 - بروبانول فهو كحول اولي لا يتفاعل مع كاشف لوكاس في الظروف الاعتيادية.



$$CH_3-\underset{OH}{\overset{CH_3}{C}}-CH_3 + HCl \xrightarrow{ZnCl_2} CH_3-\underset{Cl}{\overset{CH_3}{C}}-CH_3 + H_2O$$

2 - مثيل - 2 - بروبانول



$$CH_3CH_2CH_2-OH + HCl \xrightarrow{ZnCl_2} N.R$$

1 - بروبانول

6) اثيل امين هو امين وتُعدّ الامينات من القواعد تتفاعل مع الحوامض لتعطي ملح الامين، بينما الايثأنْ الكأنْ لا يتفاعل مع الحوامض او القواعد.



$$CH_3CH_2-NH_2 + HCl \longrightarrow CH_3CH_2-\overset{+}{N}H_3\ \overset{-}{Cl}$$



$$CH_3-CH_3 + HCl \longrightarrow N.R$$

السؤال 7-17

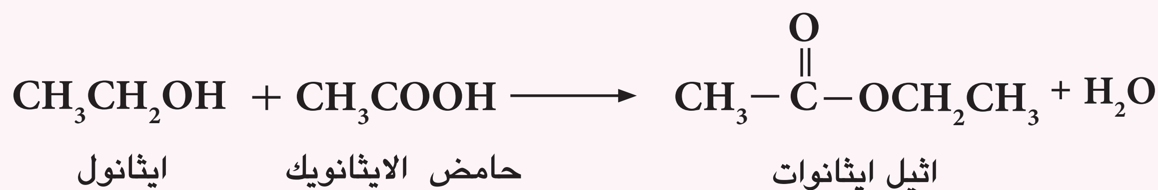
يتفاعل اثنأنْ من المركبات الواردة ادناه في وسط حامضي، لينتج مركب له رائحة مقبولة وصيغته $C_4H_8O_2$، حدد المركبين، ومثل التفاعل الحاصل بينهما بمعادلة كيميائية.



$CH_3CH_2OCH_3$ ، CH_3COOH ، CH_3CHO ، CH_3CH_2OH ، CH_3CH_3

الحـــــل

يتفاعل CH_3CH_2OH وهو كحول مع CH_3COOH وهو حامض لينتج استر كما في المعادلة الاتية:



$$CH_3CH_2OH + CH_3COOH \longrightarrow CH_3-\overset{\overset{\large O}{\|}}{C}-OCH_2CH_3 + H_2O$$

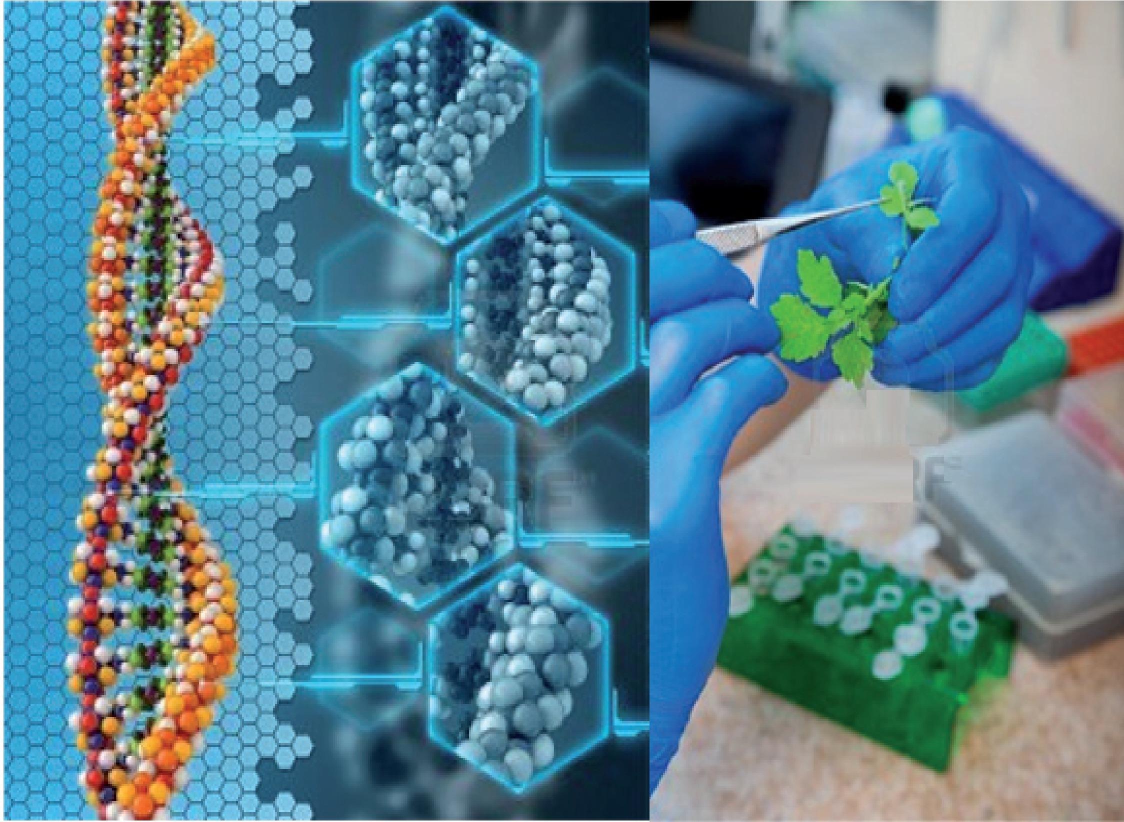
ايثانول ، حامض الايثانويك ، اثيل ايثانوات

الفصل الثامن

8

الكيمياء الحياتية

Biochemistry



مفردات الفصل الثامن

المفاهيم الأساس

الكيمياء الحياتية Biochemistry

العلم الذي يعنى بكيمياء التراكيب الحيوية في اجسام المخلوقات حية، ويدرس التغيرات الكيميائية التي تحدث في جسم الانسان او اجسام لمخلوقات حية حيث يربط بين المجال الكيميائي والمجال الحيوي الوظيفي لتلك المخلوقات.

الكاربوهيدرات Carbohydrates

مركبات عضوية تحتوي على كاربون وهيدروجين واوكسجين وتكون فيها نسبة الاوكسجين مرتفعة، ومن الصيغة التركيبية $(CH_2O)_n$ لها تبين ان كل ذرة كاربون ترتبط بجزئية ماء $C_n(H_2O)_n$ لذا يطلق عليها اسم كاربوهيدرات المشتق من كاربون وماء (Hydrate). قد تكون جزئيتها بسيطة مثل السكريات الاحادية والثنائية او معقدة مثل النشأ والسليلوز.

سكر الكلوكوز

ويعد من الكاربوهيدرات احادية التسكر وهو عبارة عن بلورات صلبة له درجة غليان عالية، يوجد في الطبيعة او الدم وفي فاكهة العنب لذا يسمى بسكر العنب الصيغة الجزيئية له $C_6H_{12}O_6$ او $C_6(H_2O)_6$ وشكله البنائي يتوقف على الحالة التي يوجد بها وصيغته البنائية المفتوحة تحتوي على عدة مجاميع هيدروكسيل ومجموعة الدهايد واحدة.

سكر الفركتوز

ويعد من الكاربوهيدرات احادية التسكر يوجد في العسل ومعظم الفواكه لذا يسمى بسكر الفواكه صيغته الجزئية $C_6H_{12}O_6$ او $C_6(H_2O)_6$ تتشابه خواصه الفيزيائية مع سكر الكلوكوز وصيغته البنائية المفتوحة تحتوي على عدة مجاميع هيدروكسيل ومجموعة كيتون واحدة.

السكروز

ويعد من الكاربوهيدرات ثنائية التسكر يستخلص من نبات القصب لذا يدعى بسكر القصب صيغته الجزئية $C_{12}H_{22}O_{11}$ وكل جزيء سكروز يتكون من جزيء كلوكوز وجزيء فركتوز مرتبطين ببعضهما من خلال اصرة (كلايكوسايد) تنشأ بانتزاع جزي منها $C_{12}(H_2O)_{11}$ ومن السهل ان يتحلل السكروز اليها في عملية الهضم التي تحدث في اجسامنا.

النشأ

ويعد من الكاربوهيدرات متعددة التسكر جزيئتها تنشأ من وحدات من الكلوكوز يتم ترابطها من خلال فك الاصرة الثنائية في الكاربونيل وتكوين بوليمر من جزيئات الكلوكوز.

السليلوز

ويعدّ من الكاربوهيدرات متعددة التسكر ويتكون من بوليمر ضخم للكلوكوز ويختلف عن النشأ في الشكل والخواص بسبب اختلاف عدد وحدات الكلوكوز المكونة لكل منها واختلاف ترابطها مع بعضها وتُعدّ الياف المواد الخشبية وقشور بعض ثمار الفواكه كالتمر المصدر الطبيعي له.

البروتينات

تتكون من الكاربون والهيدروجين والاوكسجين والنتروجين واحياناً تحتوي على الكبريت والفسفور، والمصدر الأساس لها هو الاجسام حية وبخاصةٍ الحيوية والاصل اليوناني لكلمة بروتين يعني (**Pro**) الاول والمقطع الثاني (**teins**) يعني الاهمية والاساس. وتأتي اهميتها انها تساهم في بناء انسجة المخلوقات حية، وتتكون البروتينات من ارتباط اعداد كبيرة من الاحماض الامينية ترتبط مع بعضها بعد فقدها لجزيئة ماء بالاواصر الاميدية (الببتيدية) و احد طرفي جزيئة البروتين عبارة عن مجموعة كاربوكسيأتية والطرف الاخر امين وفي ثناياه عدد من المجاميع الاميدية.

الاحماض الامينية Amino Acids

هي الوحدة الأساس لبناء البروتين وتمثل بالصيغة العامة $H_2N-\underset{R}{\overset{H}{C}}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$ وتختلف الاحماض الامينية فيما بينها بمجموعة الالكيل التي تقع بين مجموعة الكاربوكسيل والامين.

الانزيمات Anzymes

صنف من اصناف البروتينات موجودة في خلايا الجسم جميعها كعوامل مساعدة عضوية للتقليل من الطاقة اللازمة لحدوث التفاعل عنه بدون انزيم. وتتكون داخل جسم الكائن الحي وتتجدد بأستمرار لأنها تفقد فاعليتها بمرور الزمن وتتلف بالحرارة ويكون عملها ضمن نطاق معين من **pH** وتعمل بصورة مستقلة ولها فاعلية في العمليات الحيوية كالهضم والتمثيل الغذائي وعملية التنفس.

الدهون Lipids

تُعد المادة الاساس التي يختزنها الجسم للحصول على الطاقة عند الحاجة اذ ان هضمها واكسدتها يؤدي الى تحرر كميات من الطاقة توجد في الشحوم الحيوانية وتتركز في الزيوت النباتية كبذور النباتات كالقطن والسمسم.

الصابون

مركبات عضوية لملح الصوديوم او البوتاسيوم للحامض الدهني نحصل عليه من عملية الصوبنة بفعل القواعد القوية كهيدروكسيد الصوديوم او البوتاسيوم مع الزيت او الدهن ويتوقف عمل الصابون على نوع القاعدة المستخدمة ونوع الزيت او الدهن.

مقدمة شاملة

الكيمياء الحياتية احد فروع الكيمياء التي تهتم بدراسة المركبات العضوية التي تتكون منها اجسام الكائنات الحية ودراسة التفاعلات الكيميائية التي تحدث داخل اجسامها، ويتناول هذا الفصل دراسة المواد الكربوهيدراتية امثلة لكل نوع واهميته، ثم دراسة المواد الدهنية والتركيز على الدهون والزيوت لما لها من اهمية في الحياة، لما تقوم عليها صناعات هامة مثل صناعة السمن النباتي والصابون وغيرها، وينتهي الفصل بدراسة المواد البروتينية من حيث تركيبها وتقسيمها واهميتها، وقد تم تبسيط الصيغ البنائية للمركبات، وذلك تسهيلاً لدراستها.

الاهداف التعليمية للفصل

في المجال المعرفي/ بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على أن:

1 - يعرف المصطلحات الاتية (الكاربوهيدرات، البروتينات، الاحماض الامينية).

2 - يبين انواع الكاربوهيدرات.

3 - يعدد خواص المركبات الكاربوهيدراتية.

4 - يصنف الاحماض الامينية.

5 - يحدد المجموعات الفعالة في جزيئات المركبات الكاربوهيدراتية.

6 - يوضح كيفية تكون الروابط الببتيدية بين جزيئات الاحماض الامينية.

7 - يعين درجات انصهار الاحماض الدهنية بحسب انواع الروابط فيها.

8 - يحدد العناصر المكونة للبروتين.

9 - يستنتج الوحدات البنائيةالتي يتكون منها البروتين من تحلله المائي.

في المجال المهاري/ بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على أن:

1 - يقوم باجراء تجربة للكشف عن مادة كاربوهيدراتية في عينات متعددة.

2 - يقوم باجراء تجربة للكشف عن مادة بروتينية في عينات متعددة.

3 - يعتمد على التجربة في دراسة خواص المركبات المختلفة.

4 - يكتب الصيغة العامة للسكريات الاحادية.

5 - يقارن الصيغ الكيميائية للمركبات الحياتية من خلال كتابة التركيب البنائي لها.

6 - يحسب عدد مجموعات الكاربوكسيل ومجموعات الامين في جزيء الحامض الاميني لتحديد سلوك الحامض.

في المجال الوجداني/ بعد الانتهاء من دراسة الفصل يكون الطالب قادراً على أن:

1 - يقدر عظمة الخالق (سبحانه وتعالى) من خلال دراسة المركبات الحياتية، وكيفية اداء دورها في العمليات الحيوية في عمل الخلايا الحية وفق منظومة كيميائية متميزة.

2 - يؤمن بأن العلم في خدمة الانسان.

3 - يقتنع بأهمية الكيمياء في حياتنا من خلال تشويق الطلبة لدراسة المركبات الحياتية المختلفة.

4 - ينمي دقة الملاحظة من خلال مقارنة الصيغ الكيميائية من حيث التركيب البنائي لها.

5 - يتنبأ بخواص مركبات الكيمياء الحياتية من خلال دراسة صيغها البنائية مثل تصنيف الاحماض الامينية.

6 - ينهمك في العمل المختبري، ويرغب في اجراء التجارب العملية من خلال تنفيذ الانشطة العملية.

خطة انموذجّية مقترحة للدرس

الموضوع / البروتينات .

الاهداف السلوكية للدرس

في المجال المعرفي / بعد الانتهاء من الدرس يكون الطالب قادراً على ان :-

1 - يحدد العناصر المكونة للبروتين.

2 - تصنف البروتينات الى بسيطة ومرتبطة.

3 - يستنتج الوحدات البنائية التي يتكون منها البروتين من تحلله المائي.

4 - يعرف الاحماض الامينية.

5 - يصنف الاحماض الامينية بحسب عدد المجاميع الفعالة في الجزيء .

في المجال المهاري / بعد الانتهاء من الدرس يكون الطالب قادراً على ان :-

1 - ينمي دقة الملاحظة بمقارنة التركيب الجزيئي للاحماض الامينية المختلفة.

2 - يعتمد على التجربة في دراسة خواص المركبات الحياتية .

3 - يحلل نتائج الانشطة العملية والعقلية.

في المجال الوجداني/ بعد الانتهاء من الدرس يكون الطالب قادراً على ان:-

1 - يقدر عظمة الخالق (سبحانه وتعالى) عن طريق دراستنا المركبات التي يتكون منها ويحتاج اليها جسم الكائن الحي، وكيفية اداء دورها وعملها كخلية ابدعها الخالق على وفق منظومة كيميائية رائعة.

2 - ينمي حب الاستطلاع والمعرفة والبحث على اجابات للتساؤلات المطروحة.

3 - يقتنع بأهمية الكيمياء في حياتنا من خلال التشويق لدراسة المركبات التي يحتاجها الكائن الحي.

سير الدرس

التمهيد /(5 دقائق)

يمكن ان يمهد المدرس بسؤال عن العناصر الداخلة في تركيب كل من الكربوهيدرات والمواد الدهنية، ثم يوضح أن البروتينات تحتوي ايضاً على تلك العناصر فضلاً عن عناصر اخرى (يستطيع الطالب ذكر عنصر النتروجين مما سبق دراسته في علم الاحياء).

- استغلال خبرات الطلبة في علم الاحياء لاعطاء امثلة لمواد بروتينية،مثل البروتوبلازم والانزيمات وغيرها.
- يقوم المدرس بعرض مثالين من البروتينات هما الالبومين و كاترين اللبن، ويبين نواتج التحلل المائي لكل منهما، ومن مناقشة الطلبة لابد من أن يستنتجوا قسمي البروتين (بسيطة، مرتبطة).
- يستنتج الطلبة ان الاحماض الامينية هي القاسم المشترك في البروتينات جميعها، وهي تمثل الوحدات البنائية للبروتينات.

العرض / (30 دقيقة)

يفضل ان يكتب المدرس على السبورة صيغة احد الحوامض الامينية، ويطرح الاسئلة الآتية:-

ما المجموعات الفعالة في تلك الصيغة؟ وما خاصية كل منهما؟ فيتوصل الطلبة الى مكونات الحامض الاميني.

- يوضح المدرس من الصيغة العامة للاحماض الامينية موقع مجموعة الامين بالنسبة الى مجموعة الكاربوكسيل.
- يناقش المدرس طلبته في عدد المجموعات الفعالة ونوعها في كل صيغة من خلال الشفافية وتغطية جزء الشفافية الذي يوضح انواع الاحماض ليستنتج الطلبة انواع الاحماض المختلفة - وبالآتي يستطيع الطلبة تعريف الحامض الاميني.
- يمكنك عزيزي المدرس عرض شفافية او كتابة على السبورة ثلاث صيغ لثلاثة مركبات إحدهما حامض كاربوكسيلي (حامض الخليك) وامين (اثيل أمين) وحامض أميني (غير المذكورين بالكتاب)، ويحدد الطالب الحامض الاميني ونوعه من خلال المجموعات الفعالة .

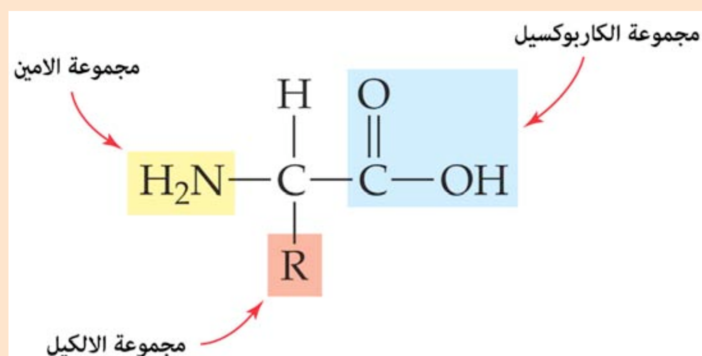
حلول تمرينات واسئلة الفصل الثامن

تمرين 8-1

علل ان البروتينات مواد ذات صفات حامضية - قاعدية (مواد امفوتيرية) (amphoteric).

الحـــل

لأن أساس البروتينات هو الحوامض الامينية التي تتكون من مجموعة الامين القاعدية ومجموعة الكاربوكسيل الحامضية وبذلك تمتلك صفات حامضية وقاعدية تبع ذلك ويمكن ان تتفاعل مع الحواض والقواعد فلها سلوك امفوتيري .



تمرين 8-2

لماذا لا يستخدم الكالسيوم او المغنيسيوم بديلاً عن الصوديوم والبوتاسيوم في صناعة الصابون.

الحـــل

لآن ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم من مسببات العسرة للماء فلا يرغو الصابون في الماء عند وجود تلك الايونات فيه، لذا لا يمكن استخدام هذين العنصرين في صناعة الصابون.

السؤال 8-1

اختر الاجابة الصحيحة مما يأتي:

1 - اي المواد الآتية ليس مصدرها بروتيناً:

أ - جزيء مركب يحتوي على الكاربون والاوكسجين والهيدروجين والكبريت.

ب - جزيء مركب يحتوي على الكاربون والهيدروجين والنتروجين.

ج - مركب يتفاعل مع الحوامض والقواعد.

2 - يتكون جزيء السكروز من وحدات صغيرة هي:

أ - كلوكوز　　ب - فركتوز　　ج - كلوكوز وفركتوز.

3 - اي من العناصر الآتية لا يوجد في الحوامض الامينية:

أ - النتروجين　　ب - الفسفور　　ج - الاوكسجين　　د - الكاربون

4 - اي من البوليمرات الآتية تُعَدُّ الحوامض الدهنية الوحدة البنائية (المونمر) لها:

أ - البروتينات　　ب - الكاربوهيدرات　　ج - اللبيدات (الدهون)

الحــــل

1 - (أ)　　2 - (ج)　　3 - (ب)　　4 - (ج)

السؤال 8-2

علل ما يأتي:

أ - يُعَدُّ سكر الفركتوز من السكريات المختزلة.

ب - تتفاعل البروتينات مع الحوامض والقواعد.

ج - يصعب فصل البروتينات بطرائق كيميائية بسيطة.

الحـــــل

أ - ان وجود مجاميع الهيدروكسل الى جانب مجموعة الكاربونيل الكيتونية، يكسبه تفاعلات مثيلة لتفاعلات الكحولات والكيتونات وقابليته للتأكسد بمحلول فهلنك أو كاشف تولن التي يخالف فيها الكيتونات.

ب - تحتوي البروتينات في تركيبها الكيميائي على مجموعة كاربوكسيل حامضية ومجموعة امين قاعدية لذلك فهي تتفاعل مع الحوامض والقواعد.

ج - لان هناك الكثير من البروتينات في جسم الكائن الحي تتشابه في تركيبها الكيميائي لكنها تختلف في وظائفها الحيوية .

السؤال 8-3

اشتبه عليك محلولان احدهما نشأ والاخر كلوكوز، فكيف يمكنك التمييز بينهما في المختبر؟

الحـــــل

يُعدّ النشا بوليمر لوحدة مونمر هي الكلوكوز يمكن التمييز بينها باستخدام محلول اليود الذي يعطي لوناً ازرق اما الكلوكوز فلا يعطي هذا الكشف.

السؤال 8-4

أكمل الجدول الاتي:

وجه المقارنة	الكلوكوز	الفركتوز
الصيغة الجزيئية		
الصيغة البنائية المفتوحة		
المجموعة الوظيفية المميزة في الحالة المفتوحة		
المجموعة الوظيفية المميزة في الحالة الحلقية (المغلقة)		

الحـــل

وجه المقارنة	الكلوكوز	الفركتوز
الصيغة الجزيئية	$C_6H_{12}O_6$	$C_6H_{12}O_6$
الصيغة البنائية المفتوحة	H−C=O HO−C−H H−C−OH H−C−OH H−C−OH CH_2OH	H H−C−OH C=O HO−C−H H−C−OH H−C−OH H−C−OH H
المجموعة الوظيفية المميزة في الحالة المفتوحة	مجموعة الالديهايد $-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-H$ ومجاميع الهيدروكسيل −OH	مجموعة كاربونيل كيتونية $-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-$ مجاميع الهيدروكسيل −OH
المجموعة الوظيفية المميزة في الحالة المغلقة	مجموعة ايثر C−O−C ومجاميع الهيدروكسيل −OH	مجموعة ايثر C−O−C ومجاميع الهيدروكسيل −OH

الجدول الدوري

1 IA	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8	9 VIIIB	10	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Uun	111 Uuu	112 Uub						

58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Ir

الرموز و الكُتل الذرية لبعض العناصر

الكتلة الذرية	الرمز	العنصر	الكتلة الذرية	الرمز	العنصر
254	Es	Einsteinium	227	Ac	Actinium
167	Er	Erbium	27	Al	Aluminium
152	Eu	Europium	243	Am	Americium
253	Fm	Fermium	122	Sb	Antimony
19	F	Fluorine	40	Ar	Argon
223	Fr	Francium	75	As	Arsenic
157	Gd	Gadolinium	210	At	Astatine
70	Ga	Gallium	137	Ba	Barium
73	Ge	Germanium	247	Bk	Berkelium
197	Au	Gold	9	Be	Beryllium
178.5	Hf	Hafnium	209	Bi	Bismuth
4	He	Helium	11	B	Boron
165	Ho	Holmium	80	Br	Bromine
1	H	Hydrogen	112	Cd	Cadmium
115	In	Indium	40	Ca	Calcium
127	I	Iodine	249	Cf	Californium
192	Ir	Iridium	12	C	Carbon
56	Fe	Iron	140	Ce	Cerium
84	Kr	Krypton	133	Cs	Cesium
139	La	Lanthanum	35.5	Cl	Chlorine
259	Lr	Lawrencium	52	Cr	Chromium
207	Pb	Lead	59	Co	Cobalt
7	Li	Lithium	63.5	Cu	Copper
175	Lu	Lutetium	254	Cm	Curium
24	Mg	Magnesium	162.5	Dy	Dysperosium

الرموز و الكُتل الذرية لبعض العناصر

العنصر	الرمز	الكتلة الذرية	العنصر	الرمز	الكتلة الذرية
Manganese	Mn	55	Ruthenium	Ru	101
Mendelevium	Md	101	Samarium	Sm	150
Mercury	Hg	201	Scandium	Sc	45
Molybdenum	Mo	96	Selenium	Se	79
Neodymium	Nd	144	Silicon	Si	28
Neon	Ne	20	Silver	Ag	108
Neptunium	Np	237	Sodium	Na	23
Nickel	Ni	59	Strontium	Sr	88
Niobium	Nb	93	Sulfur	S	32
Nitrogen	N	14	Tantalum	Ta	181
Nobelium	No	253	Technetium	Tc	99
Osmium	Os	190	Tellurium	Te	128
Oxygen	O	16	Terbium	Tb	159
Palladium	Pd	106	Thallium	Tl	204
Phosphorus	P	31	Thorium	Th	232
Platinum	Pt	195	Thulium	Tm	169
Plutonium	Pu	242	Tin	Sn	119
Polonium	Po	210	Titanium	Ti	48
Potassium	K	39	Tungsten	W	184
Praseodymium	Pr	141	Uranium	U	238
Promethium	Pm	145	Vanadium	V	51
Protactinium	Pa	231	Xenon	Xe	131
Radium	Ra	226	Ytterbium	Yb	173
Radon	Rn	222	Yttrium	Y	89
Rhenium	Re	186	Zinc	Zn	65
Rhodium	Rh	103	Zirconium	Zr	91

المصادر باللغة الانكليزية

1– P.W.Atkins and J. d Paula, “Atkins Physical Chemistry” 9th Edition, Oxford University Press, Oxford (2012).

2– A.F. Cotton, G. Wilkinson, A.C. Murillo and B. Bochmann, “ Advanced Inorganic Chemistry” 7th Edition, Wiley–VCH, New York (2008).

3– R.T. Morrison and R.N. Boyd, “ Organic Chemistry” 6th Edition, Pearson Prentic Hall, New Jersy (2008).

4– K.W. Whitten, R.E. Davis and L. M. Peck, “General Chemistry” 7th, Edition. Holt Rinehart and Winston, New York (2010).

5– A.T. Schwartz, D. M. Bunce, R. G. Silberman , C. L. Stanitski, W. J. Statton and A. P. Zipp, “Chemistry in Context” American Chemical Society, New York (1997).

6– R. Duran , L. P. Gold, C. G. Hass, and A. D. Norman “Chemistry” McGraw–Hill, New York (2003).

7– I. A. Vogel , “Text Book of Quantitative Chemical Analysis”, 5th Edition, Longman Press, England (1989).

8– D. A. Skoog, D.M. Weast, F. G. Holler and S.R. Crouch, “Fundamental of Analytical Chemistry”, 8th Edition, Brooks Cole, Canda(2004).

9– I. A. Vogel , “A Text Book of Macro and Semimicro Quantitative Inorganic Analysis”, 4th Edition, Longman Press, England (1974).

10– S. Prakash, G.D. Tuli,S.K. Basu and R.D. Madan,”Advanced Inorganic Chemistry” vol. II, Chand Company Ltd., New Delhi (2010).

11– J. E. Huheey “Inorganic Chemistry” Harper and Row Publisher, London (1997).

12– N. J. Tro , “Introductory Chemistry” 3rd Edition, Pearson Prentic Hall, New Jersey (2009).

13– A. C. Wilbraham , D. D. Staley, M. S. Matta , and E. L.Waterman, “Chemistry”, Pearson Prentice Hall, New Jersy (2008).

14– R. Chang , and B. C. Shank , “ Chemistry”, Mc Graw – Hill , New York (2005).

15–K. J. Denniston , J. J.Topping , and R. L.Caret, “General Organic and Biochemistry”, Mc–Graw– Hill, New York (2004).

16–S.S Zumdahle and S.A Zumdahle “Chemistry” Houjhton Mifflin Bosten (2003).

17– M.S. Silberberg , “Chemistry , the Molecular Nature of Matter and Change” Mc Graw Hill, London (2003) .

المصادر باللغة العربية

1- إبراهيم الزامل، سليمان حمادي الخويطر ومحمد عبد العزيز الحجاجي "التفاعلات الكيميائية" ، الكتاب المرجع في الكيمياء للمرحلة الثانوية ، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، الجزء الثاني (1987).

2- نعمان النعيمي وعبد الرزاق حمودي "الكيمياء اللا عضوية" الجزء الثالث ، جامعة بغداد ، كلية العلوم ، بغداد (1984).

3- احسان عبد الغني مصطفى وسعد عز الدين المختار، "الكيمياء اللاعضوية والتناسقية" جامعة الموصل ، كلية العلوم ، الموصل (1988).

3 - الكيمياء للصف الثاني عشر - الجزء الثاني ، شركة جيوبروجكتس ، شركة المطبوعات للتوزيع والنشر، لبنان (2009-2008) .

4 - الكيمياء للمرحلة الثانوية للمستويان الاول والثاني ، ادارة المناهج والكتب المدرسية، الاردن (2006).

تم بحمد الله